

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ENFOCADO A TPM
PARA LA COMPAÑÍA DE MONTAJES DISEÑO Y CONSTRUCCION C.M.D SAS**



SILVERIO JAIME ESTUPIÑAN

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA
SECCIONAL DUITAMA
2017**

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ENFOCADO A TPM
PARA LA COMPAÑÍA DE MONTAJES DISEÑO Y CONSTRUCCION C.M.D SAS**

SILVERIO JAIME ESTUPIÑAN



**Proyecto en la modalidad de monografía con proyección empresarial
presentado como requisito de grado para optar al título de
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**Director: Ing. CARLOS ANDRES PEREZ MARIÑO
Ingeniero Mecánico**

**Coordinador: Ing. VICTOR MANUEL DIAZ CHAPARRO
Ingeniero Electromecánico**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
SECCIONAL DUITAMA
2017**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Director del proyecto

Jurado

Jurado

Director de Escuela

Duitama, Febrero de 2017

Dedicatoria.

A Dios por darme la fortaleza y sabiduría para lograr las metas propuestas a pesar de todas las adversidades.

A mis padres, especialmente a mi madre Vicky por su amor y apoyo incondicional, vitaminas en la consecución de mis logros.

A mis hermanos Mario Fernando y Diana por el respaldo y cariño en todo momento.

A Familiares, amigos, compañeros y demás personas que de una u otra forma influyeron en la obtención de este logro.

A la memoria de mi abuelo Luis Alberto Estupiñan...

SILVERIO JAIME ESTUPIÑAN

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos:

A Ing. VICTOR MANUEL DIAZ CHAPARRO .Gerente técnico Compañía de Montajes Diseño y construccion CMD SAS, por abrirme las puertas de su empresa y facilitar el desarrollo del presente trabajo de grado en sus instalaciones.

A Ing. CARLOS ANDRES PEREZ MARIÑO Docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por su asesoría y aportes, en la dirección del trabajo de grado.

A Ing. ORLANDO DIAZ PARRA. Docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por su colaboración en los temas relacionados con la temática del trabajo de grado.

*Al personal y colaboradores de, Compañía de Montajes Diseño y Construcción **CMD SAS**, por brindarme su cooperación y experiencia en los temas relacionados.*

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, a la escuela de Ingeniería Electromecánica y su personal docente por los años de formación académica.

A la señora " LILIANITA ". Secretaría de la escuela de Ingeniería Electromecánica por su carisma y colaboración durante los años de formación en la carrera.

CONTENIDO

pág.

RESUMEN

INTRODUCCION

1. TITULO	15
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA Y PROCESO PRODUCTIVO	16
2.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	16
2.1.1 Misión	17
2.1.2 Visión	17
2.1.3 Política de calidad y seguridad industrial	17
2.1.4 Organigrama compañía	17
2.2 PRINCIPALES CLIENTES Y PROYECTOS REALIZADOS	18
3. ETAPA INICIAL	21
3.1 LA ENCUESTA	21
3.2 LA AUDITORIA	23
3.2.1 Estructura de la auditoria	23
3.2.1.1 Resumen de la auditoria	24
4. RECONOCIMIENTO DE LOS EQUIPOS	25
4.1 INVENTARIO DE EQUIPOS	25
4.2 ESTUDIO DE LOS EQUIPOS CON RELACIÓN AL MANTENIMIENTO	25
4.3 CODIFICACION DE LOS EQUIPOS	27
4.4 IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS	30
5 ANALISIS DE CRITICIDAD	31
5.1 DEFINICION DE LOS CRITERIOS	32
5.1.1 Determinacion de los rangos	37
6 ESTUDIO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO OEE	40
6.1 MEDICION DE LA OEE	41
6.2 PASOS PARA LA DETERMINACION DE LA OEE	44
6.2.1 Consideraciones en la fabricacion de paneles	44

6.2.2 Descripción de la plantilla.....	46
6.3 CALCULO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO.....	49
6.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL CALCULO DE LA OEE.....	49
7 PLAN GENERAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	52
7.1 DISEÑO DE FORMATOS.....	52
7.1.1 La tarjeta maestra o ficha técnica.....	53
7.1.2 La hoja de vida.....	53
7.1.3 La ficha de inspeccion.....	53
7.1.4 Control de mantenimiento autónomo.....	53
7.1.5 Actividades basicas de mantenimiento.....	54
7.1.6 La orden de trabajo.....	54
7.1.7 La ficha de reporte.....	54
7.1.8 Carta de lubricacion de equipos.....	54
7.1.9 Inventario general de repuestos.....	55
7.1.10 Formato de salida equipos o elementos.....	55
7.2.11 Registro de fallas y novedades.....	55
7.1.12 Registro historial de equipos.....	55
7.1.13 Caracteristicas tecnicas de los motores electricos.....	56
7.1.14 Caracteristicas tecnicas de los equipos de soldadura SMAW y MIG.....	56
7.1.15 Inventario.....	56
7.2 CONFIGURACION Y DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	56
7.2.1 El inventario.....	57
7.2.2 La ficha técnica.....	57
7.2.3 La hoja de vida.....	57
7.2.4 La ficha de inspeccion.....	57
7.2.5 Control de mantenimiento autónomo.....	57
7.2.6 Actividades basicas de mantenimiento.....	57
7.2.7 Caracteristicas tecnicas motores electricos y equipos de soldadura.....	58
7.2.8 Instructivos para la gestion del mantenimiento.....	58
7.2.9 Cronogramas del mantenimiento preventivo.....	58
7.2.10 Catálogos y manuales.....	58
8 EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	59

8.1 FILOSOFIA DEL GRUPO ANTE EL TPM.....	59
8.2 LOS PILARES DEL TPM.....	60
8.2.1 La mejora focalizada o Kobetsu Kaizen.....	61
8.2.2 Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen.....	62
8.2.3 Mantenimiento Planificado o Keikaku Hozen.....	64
8.2.4 Capacitación.....	65
8.2.5 Control inicial.....	65
8.2.6 Mejoramiento para la calidad o Hinshitsu Hozen.....	66
8.2.7 TPM en los departamentos de apoyo.....	67
8.2.8 Seguridad higiene y medioambiente.....	67
8.3 APLICACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN JAPONÉS DE LAS 5S.....	69
8.3.1 Seiri (Clasificar).....	70
8.3.2 Seiton (orden).....	70
8.3.3 Seiso (limpiar).....	71
8.3.4 Seiketsu (estandarizar).....	72
8.3.5 Shitsuke (disciplina).....	73
8.4 LOS GRUPOS PEQUEÑOS.....	74
8.5 EL TPM Y EL AREA DE MANTENIMIENTO.....	75
9 CONTROL DOCUMENTAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	77
9.1 SOCIALIZACION O CAPACITACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	80
10 CONCLUSIONES.....	83
11 RECOMENDACIONES.....	85
12 LOGROS.....	86
BIBLIOGRAFIA	
INFOGRAFIA	
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

pág.

1. Tabla 1. Aspectos de la auditoria.....	24
2. Tabla 2. Listado de equipos.....	26
3. Tabla 3. Abreviatura de las secciones.....	28
4. Tabla 4. Abreviaturas codificación.....	29
5. Tabla 5. Criterios análisis de criticidad.....	35
6. Tabla 6. Coeficientes de ponderación.....	36
7. Tabla 7. Rangos de criticidad.....	37
8. Tabla 8. Resumen del análisis de criticidad.....	38
9. Tabla 9. Equipos para fabricacion de paneles.....	48
10. Tabla 10. Calculo efectividad global.....	49
11. Tabla 11. Identificación de los formatos.....	52

LISTA DE FIGURAS

pág.

FIGURA 1. Vista general de CMD SAS.....	16
FIGURA 2. Organigrama compañía de montajes diseño y construccion.....	18
FIGURA 3. Elevación de cargas.....	19
FIGURA 4. Paneles e intercambiadores.....	19
FIGURA 5. Tarros y ventilador.....	19
FIGURA 6. Ductos y tuberías.....	20
FIGURA 7. Cucharas para acérías.....	20
FIGURA 8. Codos para paneles.....	20
FIGURA 9. Resumen aspectos de la auditoria.....	24
FIGURA 10. Flujograma codificación.....	28
FIGURA 11. Etiqueta codificación.....	30
FIGURA 12. Frontal panel depurador de humos.....	45
FIGURA 13. Panel depurador.....	45
FIGURA 14. Codos para paneles.....	45
FIGURA 15. Plantilla OEE.....	46
FIGURA 16. Pilares del TPM.....	60
FIGURA 17. Pasos del mantenimiento autónomo.....	62
FIGURA 18. Capacitación.....	65
FIGURA 19. Medio ambiente.....	68
FIGURA 20. Las 5 S's.....	69
FIGURA 21. Seiri (clasificar).....	70
FIGURA 22. Seiton (orden).....	71
FIGURA 23. Seiso (limpiar).....	72
FIGURA 24. Estándar de mantenimiento autónomo.....	73

FIGURA 25. Grupos pequeños.....	74
FIGURA 26. Organigrama modificado.....	75
FIGURA 27. Inclusión área de mantenimiento.....	76
FIGURA 28. Presentación inicial.....	77
FIGURA 29. Contenido plan de mantenimiento.....	78
FIGURA 30. Equipos de montaje y transporte.....	79
FIGURA 31. Formatos vacíos.....	79
FIGURA 32. Instructivos del mantenimiento.....	80
FIGURA 33. Presentación TPM.....	81
FIGURA 34. Presentación plan de mantenimiento.....	81
FIGURA 35. Capacitación oficina técnica.....	82
FIGURA 36. Socializacion plan de mantenimiento.....	82

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Encuesta para el desarrollo de la gestion del mantenimiento.

ANEXO B. Auditoria para el desarrollo de la gestion del mantenimiento.

ANEXO C. Inventario para el desarrollo de la gestion del mantenimiento.

ANEXO D. Procedimiento para codificación de los equipos.

ANEXO E. Etiquetas para identificación de los equipos.

ANEXO F. Análisis de criticidad.

ANEXO G. Cálculo de la OEE (Overall Equipment Effectiveness).

ANEXO H. Formatos para el desarrollo de la gestion del mantenimiento.

ANEXO I. Fichas tecnicas.

ANEXO J. Hojas de vida.

ANEXO K. Fichas de inspeccion.

ANEXO L. Control de mantenimiento autónomo.

ANEXO M. Actividades basicas de mantenimiento.

ANEXO N. Caracteristicas técnicas de los equipos.

ANEXO O. Instructivos para el desarrollo de la gestión en mantenimiento.

ANEXO P. Cronogramas de mantenimiento.

RESUMEN

Se entiende por Mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo.

El presente trabajo describe el diseño y la elaboración del plan de mantenimiento preventivo con un enfoque hacia la filosofía (TPM), por ser una herramienta de inclusión, que mejora la participación activa de todo el personal de la Compañía de Montajes Diseño y Construcción CMD SAS.

El diseño del plan de mantenimiento, está dirigido a garantizar la mantenibilidad y disponibilidad de todos los equipos de área productiva de la empresa de una manera eficiente y segura, esto con el fin de mejorar el sistema productivo de la compañía y contribuir al cumplimiento de sus políticas de calidad.

En primer lugar se realizó el diagnóstico de la función del mantenimiento en CMD SAS, describiendo las fortalezas y debilidades encontradas así como la opinión de la organización y el inventario de los activos. Posteriormente se elaboró el modelo para la gestión del mantenimiento partiendo desde el estudio de la codificación de los activos, seguido de un análisis de criticidad y se usó el indicador de la OEE para algunos de los equipos que interviene en un proceso específico de la compañía; una vez recopilada buena parte de la documentación se procedió a diseñar el sistema documental para soportar el plan propuesto, incorporando las principales herramientas del TPM, a través de una serie de actividades encaminadas a mejorar el ambiente laboral, en un proceso de retroalimentación con toda la organización CMD SAS. Finalmente se procesó y ordenó toda la información de manera controlada en una base de datos para su posterior uso y se capacitó al personal sobre el plan de mantenimiento en aras de su futura implementación.

Al final del documento se sintetizan las conclusiones a las que se llegó después del trabajo propuesto y se realizan las sugerencias a que diera lugar, además se establecen los logros que se alcanzaron con el desarrollo del proyecto que permiten medir la importancia y los beneficios logrados en términos generales; permitiendo de este modo contribuir al desarrollo de la región a través de proyectos que generen impacto positivo en las empresas del sector.

PALABRAS CLAVES: *Mantenimiento preventivo, mantenimiento productivo total (TPM), disponibilidad, mantenibilidad, gestión, equipos, análisis criticidad, documentos.*

INTRODUCCION

La necesidad actual de la industria de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de producción, así como de obtener de ellos la máxima disponibilidad y asegurar la satisfacción de los clientes, ha originado una significativa evolución del mantenimiento industrial en las últimas décadas, pasando de métodos puramente estáticos (a la espera de fallas) a métodos dinámicos (seguimiento, control, análisis, estandarización, entre otros), éstos por supuesto con la finalidad de predecir las averías en una etapa incipiente e incluso llegar a determinar la causa del problema y por tanto, procurar eliminarla.

El presente proyecto busca diseñar e implantar un plan de mantenimiento, que permita llevar controles y registros sobre los equipos para asegurar la calidad en sus procesos, además de propender por la seguridad de sus trabajadores y el manejo responsable con el medio ambiente entre otros, considerados factores influyentes en la Implantación de un buen plan de mantenimiento, porque permiten asegurar la eficacia de los equipos, que se traducen en un dominio adecuado de herramientas, equipos, repuestos, residuos, personal entre otros.

A través de las herramientas de gestión y administración del mantenimiento y partiendo del cumplimiento de los objetivos propuestos, como lo son el diagnóstico inicial, la generación de indicadores, el desarrollo documental, la inclusión de una filosofía moderna y por supuesto la capacitación e intercambio de experiencias con la organización CMD SAS, se espera moldear y sustentar el desarrollo del presente proyecto en cumplimiento de las políticas de calidad a espera de que se traduzcan en la satisfacción del cliente a través de los servicios ofertados y la mejora continua de la compañía.

De igual manera el desarrollo del plan de mantenimiento propuesto contribuye a aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos debido a la forma y estructura como se presenta ante la compañía llevando un mantenimiento planeado y sistemático que proteja el aparato productivo de la compañía y por supuesto y lo más importante su personal.

Con el desarrollo de esta propuesta se espera aportar el conocimiento adquirido durante los años de formación en la carrera y de forma significativa represente un beneficio para la organización CMD SAS en cabeza de la alta dirección y todo su personal colaborador.

1. TITULO

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ENFOCADO A TPM
PARA LA COMPAÑÍA DE MONTAJES DISEÑO Y CONSTRUCCION C.M.D SAS**

2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA Y PROCESO PRODUCTIVO EN CMD SAS

2.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La COMPAÑÍA DE MONTAJES DISEÑO Y CONSTRUCCION CMD SAS, se constituye en enero de 2011, iniciando operaciones en el parque industrial de Sogamoso en la dirección Calle 54 No 11B-05 donde se encuentran su Planta y oficinas principales. Cuenta con 2 bodegas techadas de $600m^2$ con subestación de 75kva, servicios completos, área de oficinas x $240m^2$ y patio para prearmado, limpieza, pintura de $6000m^2$.

Figura 1.vista general de CMD SAS



Fuente: CMD SAS

La empresa en su inicio de operaciones ha prestado sus servicios en el área metalmecánica principalmente, posteriormente sus actividades se dirigieron a satisfacer las necesidades de la industria. *“Somos una empresa constituida para diseñar, fabricar y montar sistemas y proyectos de ingeniería en las áreas mecánica, eléctrica, civil y afines. Además servicios de mantenimiento industrial con o sin suministro de personal y equipos. Especialistas en construcciones soldadas bajo la aplicación de códigos y normas Internacionales”*.¹

La empresa está representada legalmente desde sus inicios de operación por el *Ingeniero Víctor Manuel Díaz Chaparro*, gerente técnico de la compañía, egresado de la escuela de Ingeniería Electromecánica de la UPTC seccional Duitama.

¹COMPAÑÍA DE MONTAJES DISEÑO Y COSTRUCCION CMD.NIT:900410401-4.portafolio de servicios. Planta y Oficina: Calle 54 No 11B-05 Sogamoso (Boyacá).

2.1.1 Misión².

Ejecutar proyectos de diseño, construcción y montaje en las áreas de ingeniería mecánica, eléctrica y civil suministrando siempre a nuestros clientes la mejor calidad, eficiencia y cumplimiento en nuestros productos y servicios desarrollados bajo estándares, normas técnicas y legales sin dejar de mantener la armonía con el medio ambiente y la sociedad, buscando la mejor administración de recursos y la aplicación de métodos de producción seguros que protejan la integridad de nuestro equipo de trabajo.

2.1.2 Visión³

Ser reconocidos como una empresa sólida con alta calidad en sus procesos, productos y servicios, y garantizar la completa satisfacción de nuestros clientes mediante el trabajo continuo en el desarrollo de técnicas y procedimientos que aseguren una producción eficiente y rentable.

2.1.3 Política de Calidad y Seguridad Industrial⁴

En el proceso de mejoramiento continuo nuestro mayor interés es la implementación y cumplimiento de especificaciones, métodos y procedimientos que aseguren tanto la calidad de nuestros procesos y productos como la seguridad de nuestro personal, al igual que la conservación del medio ambiente mediante el aprovechamiento racional de recursos y el manejo apropiado de residuos.

2.1.4 Organigrama Compañía⁵

A continuación se muestra el organigrama de la compañía y como se ve en el esquema no existe dentro del mismo una estructura de mantenimiento, evidenciando de manera clara la importancia de crear un departamento de mantenimiento en el nivel jerárquico de la empresa, que permita mantener los equipos en un óptimo nivel productivo además de llevar a cabo el control de los activos de la empresa. En este punto es importante aclarar que este departamento de mantenimiento debe tener la misma importancia que las otras dependencias de la empresa, si no, debe ser el más importante ya que este permite conocer de primera mano el estado de los equipos. *¡Sin equipos operativos no hay producción!*

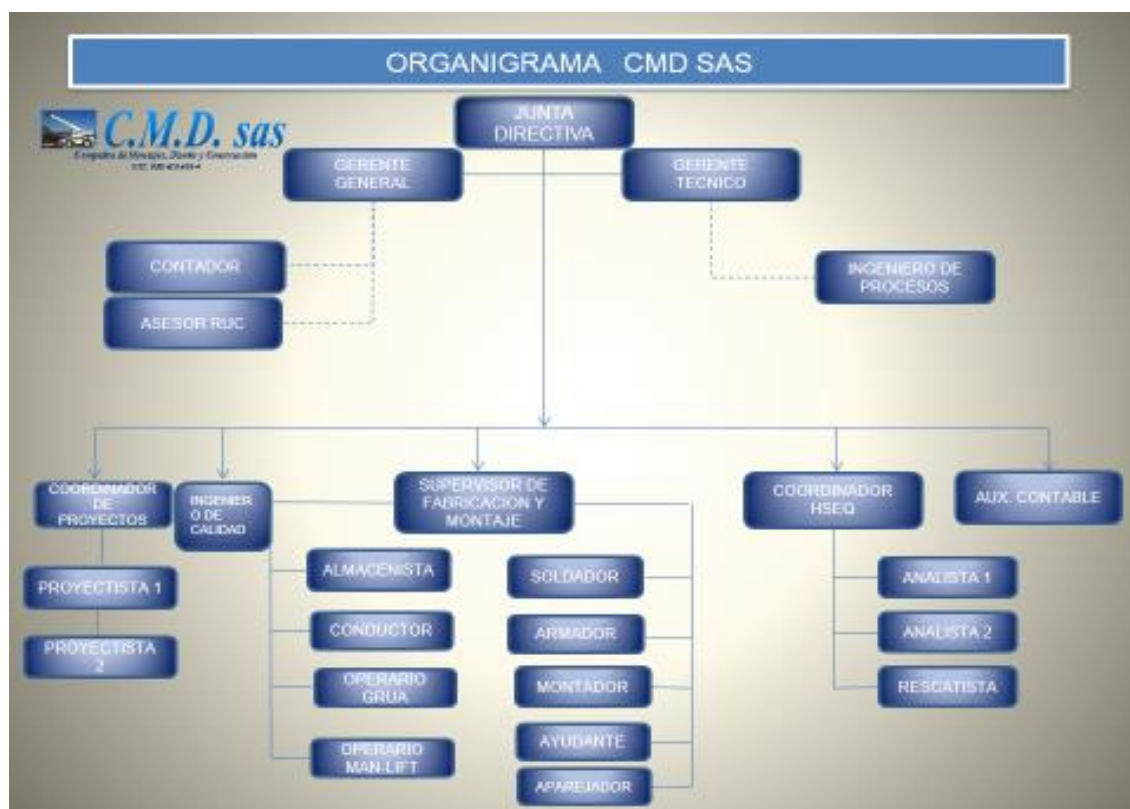
² Portafolio servicios: MISION CMD SAS.2016.

³ Portafolio servicios: VISION CMD SAS.2016.

⁴ Portafolio servicios: POLITICA DE CALIDAD Y SEGURIDAD INDUSTRIAL CMD SAS.2016

⁵ Organigrama CMD SAS. Diapositiva 1.2016.

Figura 2. Organigrama Compañía de montajes diseño y construcción.



Fuente: CMD SAS.

2.2 PRINCIPALES CLIENTES Y PROYECTOS REALIZADOS.

Hemos tenido el gusto de trabajar en los proyectos de las siguientes empresas:⁶

- Acerías Paz del Río S.A.
- Cementos Holcim Colombia
- Cementos Argos s.a.
- Compañía Eléctrica de Sochagota
- Sudamin planta de refractarios.
- HI Ingenieros.
- Grapas y puntillas El Caballo.
- Erecos Materiales Industriales
- Fosfatos de Boyacá s.a.

- *Los proyectos realizados a la fecha comprenden:*

⁶ Portafolio servicios: PRINCIPALES CLIENTES CMD SAS. Pág. 8-27.2016.

➤ **Montajes mecánicos y estructurales.**

Figura 3.elevacion de cargas.



Fuente: CMD SAS.

➤ **Fabricación de equipos refrigerados para plantas siderúrgicas.**

Figura 4.Paneles e intercambiadores.



Fuente: CMD SAS.

➤ **Fabricación y montaje de equipos y máquinas para la industria metalúrgica, cementera, petrolera y afines.**

Figura 5.tarros y ventilador



Fuente: CMD SAS

- **Fabricación de equipos para conducción de gases en sistemas de depuración y control ambiental.**

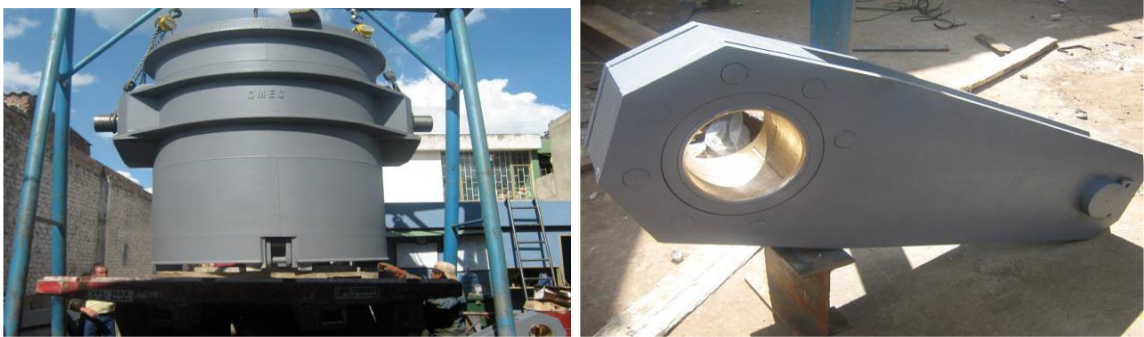
Figura 6. Ductos y tuberías.



Fuente: CMD SAS

- **Fabricación de cucharas para acero líquido en chapa de 1" y 2".**

Figura 7. cucharas para acerías.



Fuente: CMD SAS

- **Conformado de piezas especiales, mediante procesos de troquelado y estampado soldados mediante proceso de electrodo revestido con radiografías al 100%.**

Figura 8. Codos para paneles.



Fuente: CMD SAS

3. ETAPA INICIAL

3.1 LA ENCUESTA

Como parte del desarrollo del plan de mantenimiento preventivo con el enfoque de TPM se planteó la necesidad de llevar a cabo una encuesta para medir el grado de conocimiento de los trabajadores de la compañía ,acerca de las labores de mantenimiento generales que se pueden presentar en una empresa y la experiencia que tienen acerca del concepto de mantenimiento. La encuesta busca desde su etapa inicial integrar al equipo humano de trabajo del área de taller de la empresa en la posterior implementación del plan de mantenimiento propuesto.

El desarrollo de la encuesta permitió conocer de primera mano las opiniones de los trabajadores y ayudo a establecer las directrices y el enfoque para el plan de mantenimiento sugerido. **Ver anexo A. (Formato encuesta, desarrollo y resultados de la encuesta).**

El resultado de la encuesta nos permitió entender que:

- a) La mayoría de los encuestados tiene gran claridad sobre los conceptos de mantenimiento en general, ya que establecen que la mejor forma de mantener un equipo es estar pendiente de su funcionamiento y de los síntomas que refleje.
- b) El 90% de los encuestados ha hecho parte de algún grupo de mantenimiento en su vida laboral, estableciendo que se cuenta con experiencia en empresas del sector.
- c) El 80% de los encuestados reconoce que las labores de mantenimiento agregan valor a su formación, académica, laboral y personal ya que adquieren experiencia en esta rama.
- d) El 60% de los encuestados reconoce por lo menos dos tipos de mantenimiento practicados y el 20% tiene conocimientos por lo menos de tres tipos de mantenimiento, esto permite identificar que el personal de la empresa posee conocimientos en diversos sistemas de mantenimiento.
- e) El 40% de los encuestados reconoce lo que se debe hacer cuando ocurre una falla basado en la experiencia que posee y en algunos manuales de equipos existentes , sin embargo el 60% restante no se remite a algún manual simplemente recurren a una persona encargada que les indique que hacer.
- f) Por lo menos la mitad de los encuestados conoce totalmente el funcionamiento del equipo operado o encargado.

- g) Cuando ocurre una falla el personal encuestado sabe que existe una persona que es la encargada del taller o supervisor que es quien en primera instancia hace un análisis de la falla.
- h) El 60% de los trabajadores mantiene rutinas de limpieza diariamente en sus equipos y el 30% de los mismos regularmente, lo que indica que hay un buen hábito de orden y limpieza.
- i) Que si bien no existe un plan de mantenimiento ordenado, se procura planear el mantenimiento de los equipos cuando por alguna circunstancia las labores productivas cesan al 50%.
- j) El 90% de los encuestados afirma que al presentarse una falla, esta se reporta de inmediato a la persona encargada o jefe inmediato para que indique que procedimientos se deben seguir.
- k) El 80% de los encuestados ha hecho sugerencias en la mejora de los equipos basados en sus hábitos de trabajo o experiencia que consideran son importantes y aportan a la mantenibilidad de los equipos.
- l) El 70% de las personas encuestadas afirma que los equipos fallan casi siempre mensualmente, el 20 % semanalmente y solo un 10% afirma que las fallas son anuales, cosa que es poco probable ya que la empresa por su naturaleza exige más desgaste en los equipos.
- m) El 90% de los trabajadores afirma que las actividades que se desarrollan actualmente en la empresa son buenas o satisfactorias. Sin embargo creen que se pueden mejorar.
- n) El 90% de los encuestados considera que desarrollar e implementar un plan de mantenimiento acorde a la empresa puede ayudar a mejora la productividad de la empresa, además de permitir conocer de manera más técnica los equipos de la compañía.
- o) Finalmente solo el 50% de los entrevistados afirma haber recibido capacitaciones en el área de mantenimiento industrial con cierta regularidad, el otro porcentaje restante manifiesta que esporádicamente.

3.2 LA AUDITORIA

Realizar una Auditoría de Mantenimiento no es otra cosa que comprobar cómo se gestiona un departamento de mantenimiento bajo algunos aspectos en consideración según la naturaleza de la empresa. El objetivo que se persigue al realizar una Auditoría no es juzgar al responsable de mantenimiento, no es cuestionar su forma de trabajo, no es crucificarle: es saber en qué situación se encuentra un departamento de mantenimiento en un momento determinado, identificar puntos de mejora y determinar qué acciones son necesarias para mejorar los resultados.⁷

Hay que diferenciar entre Auditorías Técnicas y Auditorías de Gestión. Las primeras tratan de determinar el estado de una instalación. Las segundas, tratan de determinar el grado de excelencia de un departamento de mantenimiento y de su forma de gestionar. Para el caso de CMD SAS se optó por asociar los aspectos más importantes de las dos técnicas con el fin de hacer un estudio más integral. El cuestionario que se propone consta de 90 preguntas, distribuidas en 5 aspectos de relevancia en la gestión y estructura de un departamento de mantenimiento y 1 aspecto de presentación de la empresa; curiosamente es válido para aplicarlo en empresas de muy diversa índole, aunque a veces serán necesarias pequeñas modificaciones para adaptarlo mejor a la realidad de la empresa auditada. **Ver anexo B (Auditoría para el desarrollo de la gestión en mantenimiento).**

3.2.1 Estructura de la auditoria. El desarrollo de la auditoria como se indicó, se centró en 5 aspectos de importancia los cuales son:

- *Criticidad de rutas de inspeccion*
- *Manejo de la informacion de equipos*
- *Estado del mantenimiento actual*
- *Antecedentes de costos de mantenimiento*
- *Efectividad del mantenimiento actual*

Cada uno de los aspectos tiene un rango de 15 preguntas debidamente estructuradas con una ponderación entre 1-3-5; siendo 5 el valor de la respuesta más favorable, 3 si se considera que el aspecto es aceptable y 1 si definitivamente el aspecto evaluado no se aplica o definitivamente no existe. De igual manera en cada uno de los aspectos evaluados se establecieron algunas directrices de forma individual para estimar de manera más concreta el resultado particular de algunas de las actividades que forman parte de la gestión de un departamento de mantenimiento. Para el desarrollo de la auditoria se entrevistó al Ing. Víctor Manuel

⁷ Auditorias de mantenimiento. ¿Que son y para que sirven? [en línea]. <<http://www.renovetec.com>>. [citado el 25 de octubre de 2016]

Díaz Gerente técnico de la compañía quien es la persona idónea y quien mejor conoce la compañía. Posteriormente mediante el desarrollo de un plantilla inteligente de Excel se efectuaron las ponderaciones correspondientes y se obtuvieron los índices numéricos junto con gráficos de tendencia que permitieron obtener un calificación general de los aspectos evaluados y por supuesto de las principales actividades entorno a las labores de gestion del mantenimiento de la compañía de montajes diseño y construccion CMD SAS.

Finalmente se obtuvo un resumen general de la auditoria que permitió ver el estado del mantenimiento actual de la compañía donde se evidenciaron resultados preocupantes sobre las labores que se desempeñan en los aspectos evaluados. Sin embargo se debe recordar que la compañía es relativamente nueva y se encuentra en consolidación si la comparamos con otras empresas del sector que ofrecen los mismos servicios y poseen más años en el sector.

3.2.1.1 Resumen de la auditoria del Mantenimiento

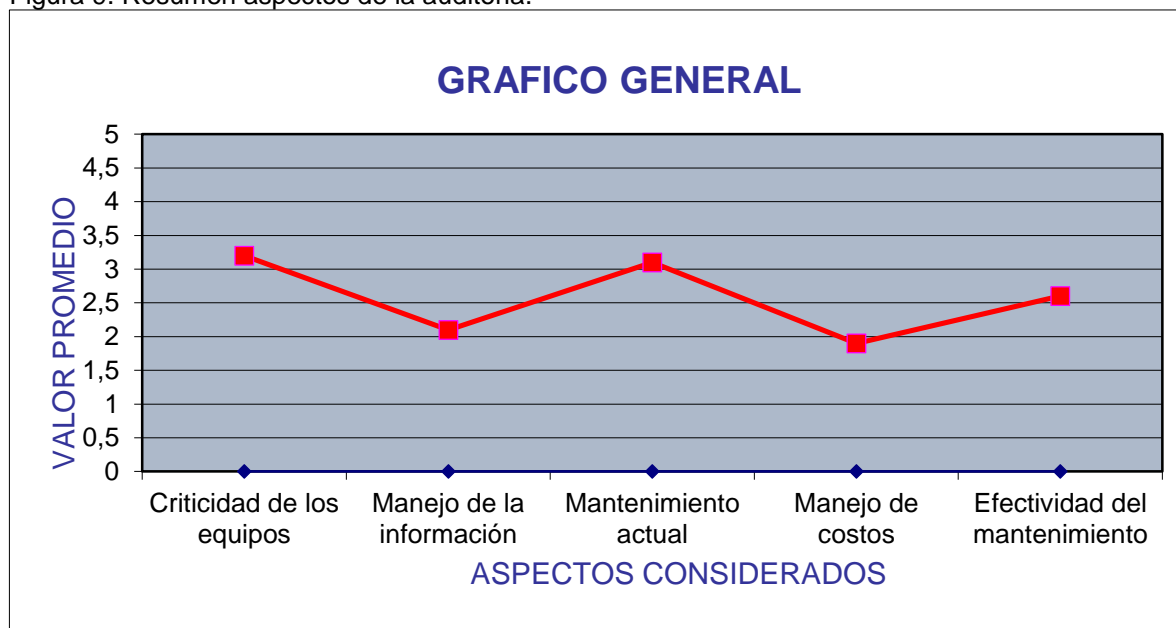
Tabla 1.Aspectos de la auditoria

Aspectos Considerados	Valor	Calificación
Criticidad de rutas de inspeccion	3,2	Aspecto regular
Manejo de la información sobre equipos	2,1	Aspecto regular
Estado del mantenimiento actual	3,1	Aspecto regular
Antecedentes Costos de mantenimiento	1,9	Aspecto regular
Efectividad del mantenimiento actual	2,6	Aspecto regular

Fuente: autor

En la figura 9. Se muestra gráficamente el resultado de la auditoria.

Figura 9. Resumen aspectos de la auditoria.



Fuente: Autor

4. RECONOCIMIENTO DE LOS EQUIPOS

Para implantar un sistema de control del mantenimiento, es recomendable iniciar el proyecto de recopilación de datos, con la identificación de los elementos que componen la instalación industrial o de servicios, su localización y utilidades.⁸

Los equipos existentes en la compañía de montajes diseño y construcción hacen parte de la razón comercial de la empresa que está dedicada al desarrollo metalmecánico y de montaje de los proyectos que realiza; la empresa está en capacidad de diseñar y montar cualquier proyecto encomendado por sus clientes. Algunos de los proyectos que se realizan se citan en el capítulo 2 (generalidades de la empresa) y los procesos más relevantes de la compañía son de: diseño, fabricación, ensamble, acabado y prestación de servicios para izaje de cargas de gran consideración.

4.1 INVENTARIO DE EQUIPOS

Se diseñó un formato que agrupa varios ítems en consideración de los equipos existentes en la planta, allí se describen algunas de las características más importantes de los equipos, como lo son su descripción, marca, sección o área, capacidad modelo, entre otros. En el **anexo C** se puede apreciar **el inventario para el desarrollo de la gestión en mantenimiento** y en el **anexo H15**, el formato para **el inventario general de los equipos**, organizado de la forma en cómo se encontraban los equipos en primera instancia en la planta. Del mismo modo en el **anexo C** se propone el plan de mejoramiento para el almacén.

4.2 ESTUDIO DE LOS EQUIPOS CON RELACIÓN AL MANTENIMIENTO

La primera etapa en el diseño de un plan de mantenimiento es la recolección de la información, por lo cual lo primero que se hizo fue hacer un reconocimiento del área de la empresa, sus procesos y sus equipos. En este punto se pudo evidenciar de manera general que los equipos de producción se distribuyen en áreas y/o secciones que no están claramente definidas salvo aquellos equipos que ocupan su propio espacio por tamaño y peso considerables y que no pueden ser movidos de un sitio a otro. La mayoría de los equipos generales de producción operan requiriendo una tensión de operación entre 110/220V y 5.1/31.8A. Algunos de ellos son accionados por motores trifásicos de inducción, y por el lado de los equipos de soldadura operan a 220/440V, 80/40A. Del mismo modo los equipos de montaje y transporte se usan según demanda y complejidad del proyecto. El tiempo de operación para la mayoría de la maquinaria de la empresa está dada por ocho horas

⁸ TAVARES Lourival. Administración moderna del mantenimiento.[en línea].<
<http://es.slideshare.net/lourivaltabares/administracion-moderna-de-mantenimiento-140219184806-phpapp02.pdf> [citado el 25 de Octubre de 2016]


y media diaria de lunes a viernes y sábados cinco horas y media, para un total de 48 horas semanales. La antigüedad de los mismos oscila entre 4 y 5 años respectivamente. El estudio se centraliza en los equipos a los cuales se hará el análisis de criticidad, de forma tal que se dividieron en secciones claramente definidas por solicitud de la gerencia técnica de **CMD sas** para tener una asignación más clara, en la **tabla 2** se cita el listado de los equipos:

Montaje
 Transporte
 Sanblasting y Pintura
 Taller

Tabla 2. Listado de equipos.

 C.M.D. sas <small>Compañía de Montajes, Diseño y Construcción NIT. 900.410.401-4</small>			COMPANHIA DE MONTAJES DISEÑO Y CONSTRUCCION CMD SAS LISTADO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS PLAN DE MANTENIMIENTO 2016	
Nº	ACTIVO	MARCA	CAPACIDAD	SECCION
1	Grua telescópica	Terex	55 Ton	MONTAJE
2	Grua telescópica	Terex	30 Ton	MONTAJE
3	Grua telescópica	P&H	35 Ton	MONTAJE
4	Manlift	JLG	500 Lb	MONTAJE
5	Manlift	JLG	500 Lb	MONTAJE
6	Camioneta	Toyota Hilux	3000 CC	TRANSPORTE
7	Microbus	Hyunday	12 pasajeros	TRANSPORTE
8	Camion	Chevrolet	5 Ton	TRANSPORTE
9	Camion grua	Chevrolet	5 Ton	TRANSPORTE
10	Montacarga	Hyster	3 Ton	TRANSPORTE
11	Montacarga	Hyster	2,5 Ton	TRANSPORTE
12	Equipo sanblasting			SANBLASTING Y PINTURA
13	Compresor		220/440V	SANBLASTING Y PINTURA
14	Compresor	UCTI	160 PSI	SANBLASTING Y PINTURA
15	Compresor	HENRVA	220/440V	SANBLASTING Y PINTURA
16	Compresor	HENRVA	220/440V	SANBLASTING Y PINTURA
17	Compresor portable	AIRMAN MMD EQUIPMENT	PRESION DE OPERACIÓN ,185 CFM	SANBLASTING Y PINTURA
18	Equipo Soldadura SMAW	Lincoln Electric RX450	220V/440V -80/33A	TALLER
19	Equipo Soldadura SMAW	Lincoln Electric RX450	220V/440V -80/33A	TALLER
20	Equipo Soldadura SMAW	Lincoln Electric RX450	220V/440V -80/33A	TALLER
21	Equipo Soldadura SMAW	Lincoln Electric Idealarc	220V/440V -74/37A	TALLER
22	Equipo Soldadura SMAW	Lincoln Electric RX450	220V/440V -80/33A	TALLER
23	Equipo Soldadura SMAW	BOC	220/440 V	TALLER
24	Equipo Soldadura SMAW	BOC MI-375	220V/440V -80/40A	TALLER
25	Equipo Soldadura SMAW	BOC MI-375	220V/440V -80/40A	TALLER
26	Equipo Soldadura SMAW	BOC MI-375	220V/440V -80/40A	TALLER
27	Equipo Soldadura SMAW	BOC MI-375	220V/440V -80/40A	TALLER
28	Equipo Soldadura SMAW			TALLER
29	Equipo Soldadura SMAW	INDURA HD 503	220V/440V -80/40A	TALLER
30	Equipo Soldadura SMAW	INDURA HD 503	220V/440V -80/40A	TALLER

Continuación de la tabla 2.

 C.M.D. sas <small>Compañía de Montajes, Diseño y Construcción NIT. 900.410.401-4</small>			COMPAÑÍA DE MONTAJES DISEÑO Y CONSTRUCCION CMD SAS LISTADO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS PLAN DE MANTENIMIENTO 2016	
Nº	ACTIVO	MARCA	CAPACIDAD	SECCION
31	Equipo Soldadura SMAW	INDURA HD 503	220V/440V -80/40A	TALLER
32	Equipo Soldadura SMAW			TALLER
33	Equipo Soldadura SMAW			TALLER
34	Equipo Soldadura SMAW			TALLER
35	Equipo Soldadura SMAW			TALLER
36	Equipo Soldadura SMAW			TALLER
37	Equipo soldadura MIG	INDURA 300,STMIG 303	220/440 V	TALLER
38	Equipo soldadura MIG	INFRA DELTAMIG 455	220V/440V -73/36,5A	TALLER
39	Equipo soldadura MIG	BOC S302,CP 303	220V/440V -36/18A	TALLER
40	Equipo soldadura MIG	BOC	220V/440V -36/18A	TALLER
41	Equipo soldadura MIG			TALLER
42	Equipo soldadura MIG	LINCOLN ELECTRIC 350 POWER MIG	50A/16,5V-350A/31,5V	TALLER
43	Equipo soldadura portatil	MILLER ELECTRIC MFG CO.	220V-95A	TALLER
44	Equipo soldadura portatil	RILAND	30A/21,2V--250A/30V	TALLER
45	Equipo soldadura portatil	MILLER ELECTRIC MFG CO.	208-230/400-460V -(44-43)35-34/20-17A	TALLER
46	Equipo soldadura portatil	MILLER ELECTRIC MFG CO.		TALLER
47	Equipo plasma	THERMAL DYNAMICS, CUTMASTER 81	PRESION OPERACIÓN:70PSI	TALLER
48	Taladro de arbol	CSEPEL HUNGARY	DE 50 A 2240 RPM	TALLER
49	Taladro de arbol	KTC	HASTA 5/8" (16mm)	TALLER
50	Prensa hidraulica		120 Ton	TALLER
51	Prensa hidraulica	LCUE	80 Ton	TALLER
52	Prensa inclinable	VARPI		TALLER
53	Tronzadora	DISCOVER	4HP	TALLER
54	Roladora de lamina		Hasta espesores 1/2 in	TALLER
55	Roladora de lamina		Hasta espesores 1/4 in	TALLER
56	Dobladora de tubo		HASTA 10"	TALLER
57	Esmeril	DEWALT 758	HASTA 8"	TALLER
58	Roscadora de tubo	RIDGID	15 A-120V -12/36 RPM	TALLER
59	Inyector grasa	WUFU	24-32 MPA	TALLER
60	Taladro magnetico	DEWALT 159	120V-10A-375RPM	TALLER
61	Cortadora Automatica	VICTOR	VCM 200	TALLER
62	Cortadora Automatica	VICTOR	VCM 200	TALLER
63	Cortadora Automatica	VICTOR	VCM 200	TALLER

Fuente. Autor.

4.3 CODIFICACION DE LOS EQUIPOS

Una vez elaborada la lista de equipos es muy importante identificar cada uno de los equipos con un código único. Esto facilita su localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, y permite el control de costes.

El sistema de codificación presente en la empresa no es muy adecuado, algunos equipos están ya identificados sin embargo esta numeración no es muy técnica y precisa y hace que se presenten dificultades, además no toda la maquinaria esta codificada, presentando confusiones a la hora de registrar las tareas o labores de reparación. Para la identificación fácil y sencilla de cada uno de los equipos se procedió a diseñar un sistema de codificación de tipo significativo, en primera instancia se propuso una codificación y se puso en consideración, sin embargo la última palabra la tuvo la gerencia de CMD que indico el tipo de codificación que necesitaba para los equipos de la compañía.

De igual manera se elaboró la codificación de los activos teniendo en cuenta el tipo de equipo, su naturaleza, capacidad y complejidad tecnologica, para indicar el número consecutivo respectivo. Con el apoyo de la gerencia de CMD SAS se proponen las siguientes secciones de manera general teniendo en cuenta que hay automotores y máquinas de diversas especialidades:

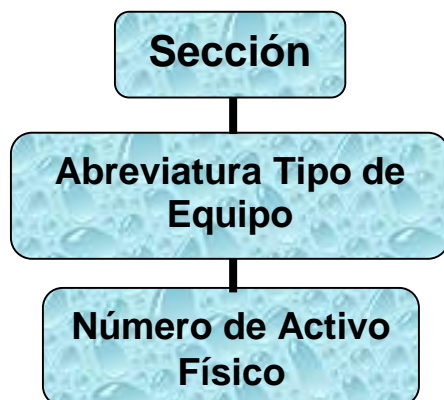
Tabla 3. Abreviaturas de las secciones.

SECCION	ABREVIATURA
MONTAJE	MO
TRANSPORTE	TR
SANBLASTING Y PINTURA	SYP
TALLER	TL

Fuente: autor

La descripción de la codificación planteada para la identificación de los activos de la compañía de montajes diseño y construcción CMD se propone como sigue en la *figura 10*:

Figura 10. Flujograma Codificación



Fuente. Autor

Identificación de la sección: La primera casilla corresponde al tipo de sección en la que se encuentra el equipo es decir, para el caso de equipos de montaje se denotaría por **MO**, para taller sería **TL** y así respectivamente según las secciones propuestas .

Abreviatura nombre del equipo: La segunda casilla corresponde al tipo de activo, por ejemplo si es un Equipo de Soldadura Smaw será **ESS**, si es un Taladro de Árbol será **TA**; se sugieren de dos a tres letras para mejor interpretación según se requiera.

Número del activo físico: Este número indica el consecutivo como tal dentro de la compañía y para efectos iniciales se han dejado tres decimales en virtud de lo que pueda crecer la compañía a futuro. Por ejemplo **001, 002, 010**, etc. Existen algunos equipos que ya poseen número sin embargo no se modificarán, se integraran.

Como ejemplo se describen los activos correspondientes a un equipo de soldadura y el camión grúa. Ver tabla 4.

Tabla 4. Abreviaturas codificación

Sección	Tipo de Maquina	Numero de Activo Físico
TALLER	Equipo Soldadura Smaw	001
TRANSPORTE	CaMión grúa	002

Fuente. Autor

Y en forma de código se enuncia de la siguiente manera:

- **TL- ESS-001** = Equipo soldadura
- **TR- CM-002** = Camión grúa

La relación de la codificación ira separada por un guion intermedio (-) para facilitar su comprensión. El procedimiento para la codificación de la maquinaria en estudio se puede ver en el **anexo D1. (Procedimiento para codificación de los equipos)** y la codificación final para los activos de la compañía de montajes diseño y construccion CMD SAS se puede ver en el **anexo D2. (Codificación final)**.

NOTA: Los equipos de soldadura de ARCO y MIG ya poseen codificación numérica por lo cual se respetara, además por que esta se ajusta a la nomenclatura propuesta. Los números asignados a los activos corresponderán de manera tal, que aquellos que sean más complejos o de mayor capacidad serán los numero (001) y así consecutivamente.

4.4 IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS

Para la identificación del equipo en campo se diseñó una etiqueta con dimensiones 100 X 40 mm respectivamente, esta etiqueta incluirá el logotipo, nombre de la empresa y por supuesto el código generado; esto va a permitir nombrar al equipo en cualquier área y facilitara el manejo de toda la informacion técnica del mismo.

Figura 11. Etiqueta codificación



Fuente. Diseño autor

En el **anexo E. (*Etiquetas para identificación de los equipos*)** se encuentran algunas de las etiquetas para los equipos objeto del plan de mantenimiento preventivo, y en el CD adjunto se encuentran la totalidad de las mismas.

5. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, de acuerdo a una figura de mérito llamada "Críticidad"; que es proporcional al "Riesgo" creando una estructura que facilita la toma de decisiones⁹ y el direccionamiento del esfuerzo y los recursos hacia las áreas, de acuerdo con su impacto en el negocio. El análisis de criticidad es una técnica de fácil manejo y comprensión en el cual se establecen rangos relativos para representar las probabilidades y/o frecuencias de ocurrencia de eventos y sus consecuencias. Ambas magnitudes, frecuencias y consecuencias, se registran en una matriz, diseñada en base a un código de colores que denotan la menor o mayor intensidad del riesgo relacionado con la Instalación, Sistema, Equipo o Dispositivo.¹⁰

Este análisis se basa en las características y complejidad de equipos que presente la empresa así como de las decisiones y factores que considere el analista sin embargo deben ser coherentes y ligadas al entorno productivo de la empresa.

El objetivo de un Análisis de Criticidad es aplicar un método que sirva para establecer una jerarquía de equipos más críticos, hasta menos críticos, según su impacto en la producción en caso de que presenten fallas o incapacidad para funcionar correctamente. La información recolectada en el estudio podrá ser utilizada para;

- ✓ Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- ✓ Priorizar proyectos de inversión.
- ✓ Diseñar políticas de mantenimiento.
- ✓ Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.
- ✓ Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.

Los pasos a seguir en el estudio de criticidad de una planta de cualquier naturaleza son:¹¹

- Identificación de los sistemas a estudiar.
- Definir el alcance y objetivo para el estudio.
- Selección de personal a entrevistar.
- Informar al personal sobre la importancia del estudio.
- Recolección de datos.
- Verificación y análisis de datos.
- Retroalimentación.
- Implementación de resultados.

⁹GARCIA PALENCIA Oliverio. Estrategia de mantenimiento basada en confiabilidad. UPTC. Duitama. 2004.

¹⁰ GUTIERREZ Edwin. Análisis de criticidad integral de activos. Maracaibo Venezuela. 2007

¹¹GARCÍA PALENCIA Oliverio Ing. MSc. Estrategias de Mantenimiento Basadas en Confiabilidad. Primer Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica Villa del Rosario de Cúcuta 2004.

Existen diversos métodos para el análisis de criticidad, según las condiciones y características de la empresa y su entorno¹², para este estudio se propone la metodología sugerida por MONCHY¹³ la cual se basa en el uso de factores ponderados según el riesgo. Este análisis de criticidad se basa en la aplicación de la etapa inicial (Fase de Análisis Cualitativo) del estudio de IBR (Inspección Basada en Riesgo), fundamentada en las normativas API RP-580 y API PUB-581. Esta metodología permite calcular la criticidad (riesgo) con base en el análisis del comportamiento histórico, modos de degradación o deterioro, características de diseño, condiciones de operación, mantenimiento, inspección y políticas gerenciales tomando en cuenta al mismo tiempo la calidad y efectividad de la inspección, así como las consecuencias asociadas a las potenciales fallas.¹⁴

Partiendo del hecho, de que no existen registros de datos históricos de fallas ni tiempos de reparación, se considera que esta es la mejor técnica, que se ajusta a los activos de la compañía CMD sas por tratarse de equipos de diversas características. Este método otorga una apreciación clara y ordenada de los criterios necesarios para calcular la criticidad.

Las directrices para hacer un análisis de criticidad, de los activos de la Compañía de Montajes Diseño y Construcción se basan en 5 aspectos, que para este caso se optó por subdividirlos en 7 criterios a considerar para hacer un análisis más integral de los activos de la empresa. A estos criterios se les da un valor y un coeficiente de ponderación que permite evaluar los equipos y su criticidad. A continuación se definen los aspectos con sus respectivos criterios:

Aspectos

- a) Intrínseco del material.
- b) Explotación.
- c) Mantenimiento.
- d) Económico.
- e) Protección integral.

5.1 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS

- **Complejidad tecnologica (CT):** Este criterio evalúa características como por ejemplo el diseño del equipo, la cantidad de partes que posee, el costo de sus repuestos, su capacidad así como la dificultad para que el mantenimiento sea realizado por personal de la empresa; por lo general se requiere personal especializado, es necesario que el operario del equipo sea calificado, además puede representar por su diseño riesgos de salud, y de seguridad. En el caso de las grúas telescópicas se supone que son los

¹² GUTIERREZ Edwin. Análisis de criticidad integral de activos. Maracaibo Venezuela.2007

¹³ MONCHY, Francois. Teoría y práctica Del mantenimiento industrial. Barcelona. Masson. S.A. 1990.

¹⁴ GUTIERREZ Edwin. Análisis de criticidad integral de activos. Maracaibo Venezuela.2007

equipos más complejos ya que cualquier intervención de peso debe ser realizada por personal experto o muchas de las veces por un delegado de la distribuidora, además sus repuestos y mantenimiento son muy costosos; del mismo modo por ejemplo un taladro, o una cortadora automática no tienen mayor complejidad muchas de las veces cualquier ajuste o reparación puede ser hecho por personal de la empresa.

- **Importancia del equipo en el proceso (IE):** Para el caso del impacto en el proceso se considera que es la consecuencia de pérdida total de la función que desempeña el activo dentro de la compañía¹⁵. En este punto existen equipos que no pueden salir de servicio ya que afectan la productividad de la compañía generando de algún modo pérdida económica y retraso en la producción. Equipos como las grúas deben estar a disposición absoluta ya que prestan servicios de montaje de estructuras y demás, su costo de alquiler por hora es significativo para la compañía. De igual manera los equipos como la prensa hidráulica de 120 toneladas, las Roladoras de lámina y los equipos de soldadura deben garantizar su operatividad ya que son el corazón del proceso productivo del taller como tal, ya que la mayor parte de los trabajos se constituye en fabricación y ensamble.
- **Funcionamiento (FM):** En este criterio se describe la tasa de marcha del equipo bajo tres condiciones específicas y según su nivel de operatividad en la compañía, existen equipos que operan de manera casi que continúa como los equipos de soldadura, taladros y por lo menos uno de los compresores ya que por lo general hay un trabajo de pintura. Otros equipos como las grúas y Manlift al igual que los montacargas solo prestan el servicio dentro de un límite determinado de tiempo y su operación es intermitente. De igual manera habrá equipos en que su uso es esporádico como las prensas la tronadora, esto según la complejidad del proyecto en construcción.
- **Costos de mantenimiento actual (CMA):** Este criterio resume los costos en que incurre el equipo para garantizar su mantenibilidad, es decir cuando el equipo debe ser intervenido para devolverlo a la cadena productiva, ya sea por reemplazo de correas, rodamientos, sellos, mangueras, lubricación, cambio de llantas, suministro de combustibles, cambio de filtros, daños en los devanados de los equipos de soldadura, deficiencias en el voltaje,

¹⁵ GUTIERREZ Edwin. Análisis de criticidad integral de activos. Maracaibo Venezuela.2007

corriente, fugas, entre otras, etc. Este criterio evalúa al equipo de forma individual. En este ítem habrán equipos para los cuales los costos serán bajos, como los compresores, otros medios como los equipos de transporte y otros elevados como los de montaje.

- **Costos de Reemplazo (CR):** Este criterio evalúa la importancia de tener un equipo de reemplazo como medio de mitigación, esto puede disminuir en algún grado el riesgo asociado al impacto en el proceso. Sin embargo es poco probable ya que existen equipos únicos y reemplazarlos o tener un equipo gemelo es excesivamente costoso. De igual modo lo que se pretende es tasar el equipo dentro de un rango de valor para ver qué tan costoso es reemplazarlo según su valor comercial. Para el caso de las grúas la de mayor capacidad puede sustituir a las otras dos si fallara alguna. En el caso de los equipos de soldadura se cuenta con equipos de apoyo, pero si se necesitase un equipo nuevo de reemplazo sería poco costoso adquirirlo.
- **Perdida de producción (PP):** Este criterio permite medir de forma cualitativa la pérdida de producción ocasionada por una falla que saque el equipo del entorno productivo y su impacto en el proceso; se mide en tres consideraciones si es baja, media, o elevada. Para el caso de las grúas por ejemplo como se mencionó, el alquiler de un equipo de estos representa un ingreso significativo para la compañía, así que si se trata de un proyecto de montaje vital sería grave que no estuviera a disposición, en el caso de los equipos de soldadura como se cuenta con otros se puede mitigar este impacto. Otros equipos como el taladro de árbol de mayor capacidad, la prensa hidráulica de 120 toneladas y el equipo de plasma afectarían de forma significativa el proceso si se requirieran y no estuvieran a disposición.
- **Impacto en Seguridad, Higiene, Ambiental (ISHA):** Este criterio se introdujo para determinar la incidencia de Riesgos en seguridad, higiene y ambiente, asociados con la operación (parámetros operacionales) y probabilidad de un evento no deseado del equipo. Para este caso, el análisis será cualitativo y requerirá del conocimiento y la opinión del personal de la compañía CMD sas que conozca sobre los riesgos asociados al equipo en análisis.

En la tabla 5 se exponen los valores y características correspondientes deducidos para el estudio de criticidad indicado.

✓ **INTRINSECO DEL MATERIAL**

Tabla 5. Criterios análisis criticidad.

1.Complejidad Tecnologica (CT)			Valor
	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	
A	Simple	Componentes mecánicos y eléctricos.	0
B	Compleja	Componentes mecánicos, hidráulicos y eléctricos.	1
C	Muy compleja	Componentes electromecánicos, electrónicos hidráulicos y neumáticos	2

✓ **EXPLOTACION**

2.Importancia del Equipo en el Proceso (IE)			Valor
	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	
A	Secundario	Equipo prescindible.	0
B	Principal	Puede sustituirse por otro.	1
C	Vital	Ningún equipo puede reemplazarlo.	3

3.Funcionamiento (FM)			Valor
	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	
A	Esporádico	Tiempo funcionamiento: entre el 5% y 40% del proceso.	0
B	Intermitente	Tiempo funcionamiento: entre el 40% y 80% del proceso.	1
C	Continuo	Tiempo funcionamiento: más del 80% del proceso	3

✓ **MANTENIMIENTO**

4.Costos de Mantenimiento Actual (CMA)			Valor
	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	
A	Bajos	\$7.000.000 al año o menos.	0
B	Medios	De \$7.000.000 a \$25.000.000 anuales.	1
C	Elevados	Más de \$25.000.000 anuales.	2

✓ **ECONOMICO**

5.Costos de Reemplazo (CR)			Valor
	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	
A	Poco costoso	Menos de \$20.000.000.	0
B	Costoso	Entre \$20.000.000 a \$200.000.000.	1
C	Muy costoso	Más de \$200.000.000.	2

6.Perdida de Producción (PP)			Valor
	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	
A	Baja	No afecta significativamente.	0
B	Media	Afecta en algún modo.	1
C	Elevada	Afecta de forma significativa.	2

✓ **PROTECCION INTEGRAL**

7. Impacto en Seguridad ,Higiene ,Ambiental (ISSA)			Valor
	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	
A	Baja	No afecta la vida del trabajador/Medio Ambiente/El servicio.	1
B	Media	Solo afecta el servicio.	2
C	Elevada	Afecta la vida del trabajador/Medio Ambiente/El servicio.	3

Fuente: Monchy 1990

Para poder definir el índice de criticidad se hace necesario definir los coeficientes de ponderación por lo cual se optó de la siguiente forma:

Tabla 6. Coeficientes ponderación

COEFICIENTES DE PONDERACION (CP)		Valor
• Equipo auxiliar, proceso adjunto, equipos duplicados.		1
• Equipos de importancia media, de apoyo a la producción, única existencia.		2
• Equipos de importancia vital para el proceso, de única existencia sin reemplazo.		3

Fuente: Monchy 1990

- **Determinación del índice de criticidad:** el resultado de este índice se obtiene de la suma de todos los valores registrados o dados al equipo en virtud de sus características más importantes, a esta suma se le multiplica por el coeficiente de ponderación **CP** que es un valor de peso o relevancia adecuado al activo, para finalmente clasificar este resultado dentro de tres rangos característicos.

INDICE DE CRITICIDAD: (CT +IE+FM+CMA+CR+PP+ISSA) X CP

5.1.1 Determinación de rangos: cuando se evalúa el equipo al final se obtiene un dato numérico que permite hacer una clarificación de cuán importante puede ser el equipo para el proceso productivo, sin embargo se hace necesario hacer una estratificación para establecer el grado de importancia del equipo dentro del sistema productivo.

Para el caso de CMD sas se definieron los siguientes rangos:

Tabla 7. Rangos de criticidad

RANGOS DE CRITICIDAD	Valor	Color
• Equipo de CRITICIDAD BAJA	≤ 13	Verde
• Equipos de CRITICIDAD MEDIA	$14 \leq 21$	Amarillo
• Equipos de CRITICIDAD ALTA	≥ 22	Rojo

Fuente. Autor

Una vez elaborada la matriz de criticidad para los equipos de la compañía se puede evidenciar a través del resultado estadístico que los equipos más críticos del proceso corresponden a aquellos que por lo general son más complejos en términos de tecnología y costos además porque no es fácil reemplazarlos; esto coincide con la entrevista que se realizó al personal sobre su apreciación de los activos de la compañía.

Teniendo en cuenta este análisis se espera por supuesto que se asegure la mantenibilidad de estos equipos, sin embargo es importante aclarar que no por esto se deben descuidar los otros. Cabe anotar que los equipos de soldadura todos son de mediana criticidad lo que los hace flexibles es que hay buena disponibilidad de ellos, ya que el proceso más generalizado en la empresa es el de ensamble y /o soldadura y se cuenta con unidades de apoyo. De igual modo lo que se pretende es que se centren los esfuerzos en mantener aquellos activos que realmente pueden perjudicar de forma significativa la rentabilidad de la compañía. A continuación se cita el resumen del diagnóstico de criticidad para los equipos de CMD sas como se indica en la **tabla 8**.

Tabla.8. Resumen análisis de criticidad.

Nº	ACTIVO	CODIGO	DEFINICION
1	Grua telescópica	MO-GR-001	EQUIPO CRITICO
2	Grua telescópica	MO-GR-002	EQUIPO CRITICO
3	Grua telescópica	MO-GR-003	EQUIPO CRITICO
4	Manlift	MO-ML-001	EQUIPO CRITICO
5	Manlift	MO-ML-002	EQUIPO CRITICO
6	Microbus	TR-MB-001	EQUIPO CRITICO
7	Camion grua	TR-CM-002	EQUIPO CRITICO
8	Compresor portable	SYP- CO-005	EQUIPO CRITICO
9	Equipo plasma	TL-EPL-001	EQUIPO CRITICO
10	Taladro de arbol	TL-TA-001	EQUIPO CRITICO
11	Prensa hidraulica	TL-PH-001	EQUIPO CRITICO
12	Montacarga	TR-MT-001	EQUIPO CRITICO
13	Equipo sanblasting	SYP-ESB-001	EQUIPO CRITICO
14	Montacarga	TR-MT-002	CRITICIDAD MEDIA
15	Camión	TR-CM-001	CRITICIDAD MEDIA
16	Compresor	SYP- CO-002	CRITICIDAD MEDIA
17	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-001	CRITICIDAD MEDIA
18	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-002	CRITICIDAD MEDIA
19	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-003	CRITICIDAD MEDIA
20	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-004	CRITICIDAD MEDIA
21	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-005	CRITICIDAD MEDIA
22	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-006	CRITICIDAD MEDIA
23	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-007	CRITICIDAD MEDIA
24	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-008	CRITICIDAD MEDIA
25	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-009	CRITICIDAD MEDIA
26	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-010	CRITICIDAD MEDIA
27	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-011	CRITICIDAD MEDIA
28	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-012	CRITICIDAD MEDIA
29	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-013	CRITICIDAD MEDIA
30	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-014	CRITICIDAD MEDIA

Nº	ACTIVO	CODIGO	DEFINICION
31	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-015	CRITICIDAD MEDIA
32	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-016	CRITICIDAD MEDIA
33	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-017	CRITICIDAD MEDIA
34	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-018	CRITICIDAD MEDIA
35	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-019	CRITICIDAD MEDIA
36	Equipo soldadura MIG	TL- ESM-020	CRITICIDAD MEDIA
37	Equipo soldadura MIG	TL- ESM-021	CRITICIDAD MEDIA
38	Equipo soldadura MIG	TL- ESM-022	CRITICIDAD MEDIA
39	Equipo soldadura MIG	TL- ESM-023	CRITICIDAD MEDIA
40	Equipo soldadura MIG	TL- ESM-024	CRITICIDAD MEDIA
41	Equipo soldadura MIG	TL- ESM-025	CRITICIDAD MEDIA
42	Prensa hidráulica	TL-PH-002	CRITICIDAD MEDIA
43	Tronzadora	TL-TZ-001	CRITICIDAD MEDIA
44	Roladora de lamina	TL-RL-001	CRITICIDAD MEDIA
45	Dobladora de tubo	TL-DT-001	CRITICIDAD MEDIA
46	Taladro magnético	TL-TM-001	CRITICIDAD MEDIA
47	Camioneta	TR-CT-001	CRITICIDAD BAJA
48	Compresor	SYP- CO-001	CRITICIDAD BAJA
49	Compresor	SYP- CO-003	CRITICIDAD BAJA
50	Compresor	SYP- CO-004	CRITICIDAD BAJA
51	Equipo soldadura portátil	TL- ESP-026	CRITICIDAD BAJA
52	Equipo soldadura portátil	TL- ESP-027	CRITICIDAD BAJA
53	Equipo soldadura portátil	TL- ESP-028	CRITICIDAD BAJA
54	Equipo soldadura portátil	TL- ESP-029	CRITICIDAD BAJA
55	Taladro de árbol	TL-TA-002	CRITICIDAD BAJA
56	Prensa inclinable	TL-PH-003	CRITICIDAD BAJA
57	Roladora de lamina	TL-RL-002	CRITICIDAD BAJA
58	Esmeril	TL-ES-001	CRITICIDAD BAJA
59	Roscadora de tubo	TL-RT-001	CRITICIDAD BAJA
60	Inyector grasa	TL-IG-001	CRITICIDAD BAJA
61	Cortadora Automática	TL-CA-001	CRITICIDAD BAJA
62	Cortadora Automática	TL-CA-002	CRITICIDAD BAJA
63	Cortadora Automática	TL-CA-003	CRITICIDAD BAJA

El estudio general de todos los equipos con las consideraciones de valor se presenta al final del documento en el **anexo F. (Análisis de criticidad)**.

6. ESTUDIO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO OEE

Este análisis permite medir el impacto total que tiene tres factores en el desempeño del equipo; estos factores a analizar son *calidad, productividad, y disponibilidad*.¹⁶ Los cuales multiplican su porcentaje de desempeño según corresponda, este análisis busca identificar pérdidas que afecten globalmente la productividad de la maquinaria, permitiendo evaluar el funcionamiento de los equipos y poder encontrar soluciones enfocadas a la búsqueda de cero perdidas, cero demoras, cero averías, cero defectos, cero accidentes y cero inventarios, que son fundamentales para la implementación del mantenimiento productivo total.

Con el análisis se tendrán un punto de vista para la operación y conservación de los equipos, tomando como referencia parámetros orientados, a mitigar efectos o consecuencias que se encuentren en este análisis, que afecten el equipo y por ende la productividad. Igualmente nos permite decidir adecuadamente, en qué momento se deben realizar mejoras o inversiones en los equipos.

Cualquier método por el cual se pretenda determinar el desempeño de un equipo requiere medir su efectividad, que es resultado del producto de tres factores: disponibilidad, eficiencia de desempeño, y porcentaje de productos de calidad. Las condiciones ideales a las que se pretende llegar pueden ser¹⁷

- Mejor disponibilidad del equipo 90%
- Eficiencia del desempeño 95%
- Porcentaje de productos de calidad 99%

Por tanto la eficiencia mínima a lograr seria:

$$\text{Eficacia total} = 0.90 \times 0.95 \times 0.99 = 0.85$$

Es decir igual o superior a un 85%.

Evaluando estos índices se obtiene el desempeño o eficiencia total del equipo, por medio de la evaluación de las actividades, tiempos y resultados en sus productos que presenta cada una de las máquinas.

Si el equipo no cumple con la eficiencia a lograr, se tendrá que analizar profundamente los diferentes índices, para detectar las posibles causas o pérdidas que reducen el buen funcionamiento del equipo.

¹⁶ Garcia, Santiago; Organización y gestión integral del mantenimiento. España: Ediciones Díaz de Santos, S. A. Doña Juana I de Castilla, 22. 28027 Madrid. 2003. 13 p. ISBN: 84-7978-548-9.

¹⁷ GARCIA PALENCIA .Oliverio. Administración del Mantenimiento Industrial. Ed 3. Duitama. UPTC Escuela ingeniería Electromecánica. 1992. 123p.

6.1 MEDICION DE LA OEE

Como no se centra sólo en averías, el TPM mejora la eficacia total del equipo, mejorando los factores relacionados, según los cuales la efectividad global de equipo (OEE) es¹⁸:

$$OEE = Disponibilidad * Tasa de Rendimiento * Tasa de Calidad$$

La OEE proporciona una medida de productividad real de la maquinaria y equipos, comparada a la productividad ideal, durante un período de tiempo específico¹⁹.

La forma de obtener los factores involucrados en el cálculo de la OEE, es:

a) Tasa o índice de disponibilidad.

El índice de disponibilidad o también conocido como la tasa operativa, hace referencia al tiempo en el cual el equipo puede estar en funcionamiento, o que el equipo pueda ser utilizado en cualquier momento en el que se requiera su servicio. Este análisis hace referencia a tres pérdidas que son: por averías, por preparación y ajustes y otras perdidas por paradas.

- **Tiempo Total Disponible:** tiempo total con el que se cuenta (un turno, un día etc.,).
- **El Tiempo Muerto Planificado:** corresponde a actividades como lo son, toma de refrigerios en la mañana y en la tarde.
- **Tiempo de Carga:** el tiempo de carga, es el resultado de la diferencia entre el tiempo total disponible y el tiempo muerto planificado, siendo este tiempo donde el trabajador está a cargo del equipo.

$$\text{Tiempo de carga} = \text{tiempo total disponible} - \text{tiempo muerto planificado}$$

- **El Tiempo de Averías o Paradas:** corresponde al tiempo debido a alguna falla que haya reportado el trabajador encargado del equipo. Este tiempo se mide cuando el equipo deja de operar hasta que vuelve a su normal funcionamiento.
- **El Tiempo de Preparación y Ajustes:** se obtiene de la medición de los procedimientos correspondientes que se desarrollan en cada equipo, durante el tiempo de producción sin importar las veces que se repita es decir cuando la producción de una pieza o parte termina y el equipo se ajusta para cumplir con otros requerimientos, se establece que sea inferior a 10 minutos.

¹⁸ NAKAYIMA, Seiichi. Programa de Desarrollo de TPM. Madrid: JIPM, 1991. 398 p.

¹⁹ NAKAJIMA, Seiichi. Programa de Desarrollo de TPM. Madrid: JIPM, 1991. 398 p.

- **El Tiempo de Paradas Menores:** las paradas son relativamente muy cortas por lo que la mayoría de las veces son ajustes que requiere el equipo, son paradas típicamente alrededor de menos de 5 minutos.
- **El tiempo operativo:** resulta de la diferencia entre el tiempo de carga y la suma de los tiempos en los cuales el equipo no está en funcionamiento, es decir los tiempos de reparación ajustes, averías o paradas y paradas menores, dando como resultado tiempo en que realmente el equipo estuvo en operación.

Tiempo operativo= tiempo de carga – (tiempo de preparación y ajustes + tiempo de averías o paradas + tiempo de paradas menores).

La tasa de disponibilidad del activo es la relación de tiempo operativo y el tiempo de carga, la ecuación matemática es:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo de carga}}$$

b) Tasa o índice de rendimiento.

El índice de rendimiento nos determina la velocidad a la cual la maquina está trabajándose obtiene mediante la relación entre la cantidad de piezas producidas, el tiempo de ciclo ideal y el tiempo operativo.

Se basa en la tasa de velocidad operativa y el tiempo operativo neto. La tasa de velocidad operativa es la relación entre el tiempo ideal del ciclo, y refleja las pérdidas por reducción de velocidad, La tasa de operación neta mide el mantenimiento de una velocidad dada sobre un periodo dado²⁰.

- **El tiempo del ciclo:** corresponde al tiempo de operación según el proceso de la máquina, es decir es cuando el equipo entra a operar la pieza o producto de trabajo, hasta que la pieza quede terminada.
- **El tiempo actual del ciclo:** se hace de la observación directa del proceso que tiene la máquina.
- **El tiempo ideal del ciclo:** corresponde a la capacidad o especificación que establece el fabricante .durante el ciclo o turno se toman el número de piezas fabricadas, es el mínimo tiempo que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas.

²⁰ NAKAYIMA, Seiichi. Programa de Desarrollo de TPM. Madrid: JIPM, 1991. 398 p.

- **La tasa de velocidad de operación:** se obtiene de la relación que existe entre los tiempos ideal y actual del ciclo, la cual representa el porcentaje de velocidad que el equipo está desempeñando realmente.
- **La tasa de operación neta:** se obtiene de la relación entre el tiempo empleado en la producción de las unidades procesadas y el tiempo en la cual el equipo está disponible.
- **Número de piezas producidas (salidas):** se toman en cuenta tanto la producción buena como las piezas defectuosas. (producción total).
- La tasa de rendimiento se obtiene de multiplicar el ciclo ideal por la cantidad de piezas producidas y dividirlo entre el tiempo operativo.

Tasa de rendimiento=tasa de operación neta *tasa de velocidad de operación.

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de proceso actual}}{\text{Tiempo de operación}} * \frac{\text{tiempo ideal del ciclo}}{\text{Tiempo actual del ciclo}}$$

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{\text{Salida *Tiempo actual del ciclo}}{\text{Tiempo de operación}} * \frac{\text{Tiempo ideal del ciclo}}{\text{Tiempo actual del ciclo}}$$

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{\text{Salida *Tiempo ideal del ciclo}}{\text{Tiempo de operación}}$$

c) Tasa o índice de calidad.

En este índice se evalúa el número de piezas que cumplen con las normas o estándares de calidad, y que pueden seguir o continuar al siguiente proceso.

Este índice refleja la cantidad de piezas que son trabajadas en los diferentes equipos, con relación al número de piezas que terminan su proceso exitosamente, cumpliendo con las normas y estándares de producción y calidad.

- Cantidad de defectos: es la cantidad de producto que ha sido rechazado por que no cumple las especificaciones, aunque no siempre todo es perdido, ya que algunas veces es posible reciclar parte de este material.

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{Salidas} - (\text{defectos de calidad} + \text{reprocesos})}{\text{Salidas}}$$

6.2 PASOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA OEE

Para el desarrollo de este análisis y por tratarse de una herramienta muy importante aplicada al TPM se optó por hacer el estudio de la OEE para el proceso de fabricación correspondiente a **“paneles de depuración de humos”**. Se observó y en entrevista con algunos de los trabajadores del taller que este tipo de piezas son de los proyectos más repetitivos que se fabrican en la planta ya que por lo general los diseños varían de forma significativa, esto debido a la naturaleza de la empresa. En este punto como la empresa no tiene fabricación en línea se hace más complejo determinar la eficiencia de los equipos sin embargo para mostrar esta herramienta se hace este ejercicio técnico y en virtud de lo que representa a futuro. El desarrollo de este análisis se hará para los equipos del área de **Taller y Sanblasting y Pintura** que intervienen en la fabricación de los paneles, por el contrario los equipos de montaje y transporte solo operan en condiciones especiales y no es oportuno hacer este análisis por tratarse de equipos dedicados únicamente al área de servicios.

6.2.1 Consideraciones en la fabricación de paneles:

- 3 tubos de 12 metros. Ref.: tubo de $2\frac{1}{2}$ SCH 160 ASTM A106 grado B Cortados según dimensiones específicas para un total de 18 secciones.
- 17 codos troquelados. Ref.: 180^0 ; $2\frac{1}{2}$, $e\frac{3}{8}$. A36
- 648 conchas lamina: 100x30x4mm espesor. A36
- 3 láminas de 1294x50x $1\frac{1}{2}$ espesor. A36
- 4 codos comerciales 90^0 ; $2\frac{1}{2}$, SCH 160 ASTM A 106 grado B.
- De 5 a 6 personas del área de taller. (soldadores, mecánicos, etc.)

Los paneles son sometidos a pruebas hidrostáticas a 15 Bares según norma y por supuesto a pruebas radiográficas todas las soldaduras. De igual manera se someten al respectivo tratamiento térmico para alivio de tensiones.

Figura 12.Frontal panel depurador de humos



Fuente: CMD SAS

Figura 13. Panel depurador



Fuente.CMD SAS

Figura 14. Codos para paneles



Fuente.CMD SAS

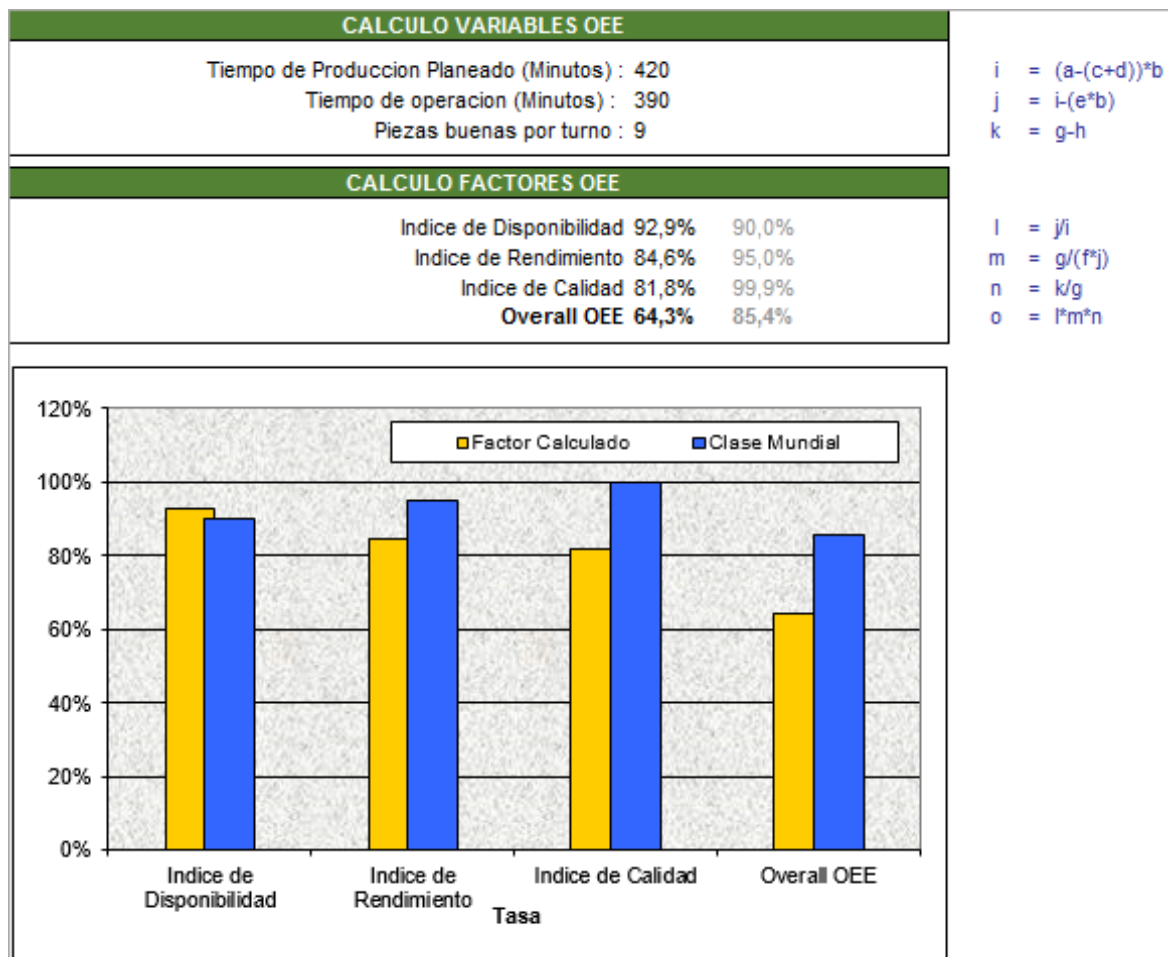
Como se mencionó, la empresa solo maneja un turno de trabajo, que son ocho horas y media diarias de producción, de lunes a viernes y el día sábado cinco horas y media, para un total de 48 horas semanales o 480 minutos diarios. El análisis empieza a partir de la recolección de los tiempos correspondientes para cada uno de los equipos. El periodo en la cual se recolectaron estos tiempos y demás parámetros, corresponde a la primera semana del mes de julio según cronograma establecido, desarrollando un seguimiento y control de las mediciones de los procesos. Para este estudio se asume que los equipos operen de forma continua, obviamente esto no ocurre, ya que maniobran de forma intermitente. Algunos equipos en ocasiones no operan todo el turno, porque la producción es baja, pero este análisis se realiza para una producción del 100%, es decir, que los equipos en estudio estén operando el mayor tiempo del turno, que es uno de los propósitos de la empresa.

Para el análisis de la efectividad global del equipo, se diseñó un plantilla en Excel que permite calcular los índices de forma diaria, o semanal, según se requiera.

6.2.2 Descripción de la plantilla. La plantilla permite ingresar los valores de manera manual y esta calcula la efectividad global del equipo **OEE** de manera automática entregando los porcentajes de índice de disponibilidad, índice de rendimiento e índice de calidad y posteriormente arroja un resultado general. A la derecha de la plantilla se encuentran las variables asociadas a los cálculos, teniendo en cuenta la fundamentación teórica asociada al capítulo de **Medición de la OEE**. Al final la plantilla arroja un resultado grafico que permite comparar los índices obtenidos con los que se esperan sean de clase mundial.

Figura 15. Plantilla OEE

CALCULO EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS			
Overall Equipment Effectiveness			
Equipo:	Sanblasting		
Codigo:	SYP-ESB-001		
Seccion:	Sanblasting y pintura		
Fecha:	04/07/2016		
			 OEE 64,3%
DATOS OEE			
Duracion Turno (Minutos) :	480		
Numero de Turnos :	1		
Paradas Menores y Ajustes (Minutos) : Cada una (Minutos) :	15	Nv : 2	Total : 30
Tiempo Muerto Planificado (Minutos) : Cada una (Minutos) :	15	Nv : 2	Total : 30
Tiempo de averias o Paradas(Minutos) :	30		
Tasa ideal: (Piezas /Hora) :	2	(Piezas/Minuto) :	0
Total Piezas producidas por turno :	11		
Piezas rechazadas por turno :	2		



Fuente: Autor

Para el cálculo de la plantilla se toman los valores iniciales correspondientes a los índices de disponibilidad, de rendimiento y de calidad más relevantes y a partir de estos se elabora la plantilla. El estudio se elaboró para un tiempo total disponible de 480 minutos que equivalen a 1 turno o 8 horas diarias de trabajo al 100% de producción como se indicó. Se tuvieron en cuenta los tiempos de manera concisa y puntual, además de la experiencia de los trabajadores en la elaboración de este tipo de piezas. El desarrollo de este estudio de forma diaria permite obtener datos con un mayor grado de exactitud.

Las variables o datos ingresados en la plantilla son:

- **Duración turno (minutos):** para este caso serán 480 minutos ,8 horas
- **Numero de turnos:** para este caso es solo 1, la empresa solo cuenta con una jornada laboral.
- **Paradas menores y ajustes (minutos);** indica la preparación de operación del equipo. Además se debe indicar el número de veces **Nv**. Normalmente

se calcula en tiempos muy cortos de 5 a 10 minutos en dos cortes mañana y tarde.

- **Tiempo muerto planificado (minutos):** en la empresa indica los dos tiempos de 15 minutos en mañana y tarde que tiene los trabajadores para tomar refrigerio.
- **Tiempo de averías o paradas (minutos):** indica el tiempo en que el equipo se encuentra detenido por una falla o paradas imprevistas, según los trabajadores oscilan entre 5 y 50 minutos.
- **Tasa ideal:** el número de piezas que se espera se produzca en un intervalo de tiempo ideal. Por ejemplo, según lo que expresa la persona encargada de fabricar los codos troquelados estos son los más complejos de construir, a veces un solo codo puede tomar un día neto de producción debido a las pruebas de soldadura, y el tratamiento térmico que se les realiza, por supuesto el tratamiento térmico que se les realiza se hace para varias piezas, pero el encargado calcula que un solo codo puede tomar un turno, junto con todos los procesos adjuntos, sanblasting, corte, doblado, prensado, pintura etc.
- **Total piezas por turno:** según el proceso que se esté ejecutando, oscila según experiencias de los trabajadores y observación directa entre 1 y 10 piezas complejas o de alto impacto. Tuberías, codos.
- **Piezas rechazadas por turno:** según los trabajadores y el proceso, se puede evidenciar que por más que se quiera aprovechar el material siempre habrán piezas que salen mal o defectuosas o que quedan mal, no cumplen con la calidad que se espera. Mal pintadas, defectos de soldadura, de corte, de pulido, de prensado.etc.

El análisis de la OEE se realizó para los siguientes equipos que intervienen de manera directa en la fabricación de los paneles. El estudio de cada uno de los equipos se indica al final del documento. **Ver anexo G.**

Tabla 9. Equipos para fabricación paneles


Nº	ACTIVO	CODIGO
1	Equipo sanblasting	SYP-ESB-001
2	Compresor	SYP- CO-001
3	Equipo Soldadura SMAW	TL- ESS-001
4	Equipo soldadura MIG	TL- ESM-020
5	Equipo plasma	TL-EPL-001
6	Taladro de árbol	TL-TA-001
7	Prensa hidráulica	TL-PH-001
8	Tronzadora	TL-TZ-001
9	Dobladora de tubo	TL-DT-001

Fuente. Autor

6.3 CALCULO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO

Con los índices de disponibilidad, rendimiento y calidad, se procede a calcular la efectividad de cada uno de los días de estudio, expresada en la ecuación representada por el producto de estos índices de productividad.

Tabla 10. Calculo efectividad global.

 C.M.D. sas	COMPAÑÍA DE MONTAJES DISEÑO Y CONSTRUCCION CMD SAS.	EFFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO			OEE % Turno laboral	OEE % Semanal
		INDICE DE DISPONIBILIDAD %	INDICE DE RENDIMIENTO %	INDICE DE CALIDAD %		
CODIGO	EQUIPO					
SYP-ESB-001	Equipo de Sanblasting	95,2	75	80	64,3	65,7
SYP- CO-001	Compresor	95,3	88,7	75	63,4	60,5
TL- ESS-001	Equipo Soldadura Smaw	93	90	83,3	69,8	66,2
TL- ESM-020	Equipo soldadura Mig	95,1	71,8	85,7	58,5	63,2
TL-EPL-001	Equipo Plasma	95,1	84,6	90,9	73,2	68,1
TL-TA-001	Taladro de Arbol	93	80	87,5	65,1	67
TL-PH-001	Prensa Hidraulica	90,2	97,3	93,3	82	79,6
TL-TZ-001	Tronzadora	93,8	92	89,6	77,3	78,1
TL-DT-001	Dobladora de Tubo	92,5	70,3	84,6	55	65

Fuente: autor

En la tabla se muestran los valores calculados para un único turno laboral, posteriormente se promedia el valor de la OEE comprendido entre la semana del 04 al 09 de julio de 2016. El desarrollo de este análisis permite ver la importancia que tienen los equipos en el proceso productivo y su comportamiento, como se indicó aunque la empresa no se dedica a producir paneles en línea era importante conocer y emplear esta herramienta del TPM.

6.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA OEE

Como análisis general del desempeño de los equipos se puede indicar que de forma resumida la OEE de la gran mayoría de ellos se encuentra en una zona catalogada como regular. Sin embargo es aceptable si tenemos en cuenta que la compañía es relativamente joven.

65% < OEE < 75% Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.
Pérdidas económicas. Baja competitividad.

Nota: la destreza de los trabajadores de la compañía es un concepto de mucha importancia en el índice de la OEE ya que muchas de las veces las habilidades que tenga el trabajador determinan el desempeño real de los equipos, sobre todo en lo concerniente a los tiempos de productividad.

- **Equipo de Sanblasting**

El equipo de sanblasting está en un estado bueno, se ve que el índice calculado arroja una eficiencia aceptable, como se puede apreciar el sanblasting de piezas por lo general se hace en aquellas que son de gran importancia y complejas, para el caso de los paneles por lo general se usa para limpiar las tuberías que serán empleadas en la construcción. Para efectos del cálculo de la OEE se incluyeron los tiempos probables de paradas, tanto cortas como por averías, como por alimentación de la máquina.

- **Compresor**

El equipo cumple a cabalidad su función, garantizando su disponibilidad, por lo general los tiempos de parada son mínimos, sin embargo se pueden presentar defectos de acabado en las piezas, dependiendo del estado del material, así como de los acabados en el proceso de soldadura, que obligan a repintar las piezas. Cuando se habla de piezas producidas por turno se espera que sean piezas de cierta complejidad. Tuberías.

- **Equipo de Soldadura Smaw**

Cuenta con un índice de disponibilidad satisfactorio, los tiempos de ajustes son cortos, se entiende que un tiempo de paradas y averías es algo complicado, ya que por lo general se presentan daños en los devanados, se necesitaría asistencia especializada sin embargo se espera que sea como mínimo media hora, antes de que se pueda remplazar por otro. Se espera una eficiencia óptima en el proceso de soldadura sin embargo cabe aclarar que hay soldaduras que no pasan la prueba de calidad.

- **Equipo de Soldadura MIG**

Por lo general el equipo se usa para hacer pegos muy específicas, complejas y de acabado final, por lo que su rendimiento es algo bajo ya que se incluyen tiempos de operación actuales versus los ideales dados por el fabricante, además la velocidad de operación se ve afectada, por la habilidad del soldador así como del consumo de alambre y del gas argón. Sin embargo su índice de calidad es superior al del equipo de arco eléctrico ya que se presentan soldaduras muy limpias.

- **Equipo de plasma**

Es un equipo muy específico, se utiliza para ciertos cortes por lo general para corte de láminas de cierto espesor, por lo usual su índice de rendimiento es alto, ya que no se esperan grandes acabados sobre las superficies tratadas, de igual manera su índice de disponibilidad es alto, ya que se usa con poca frecuencia por lo que se puede esperar un OEE muy bueno. El estudio sobre piezas terminadas está basado sobre un mínimo de corte de piezas de cierta complejidad.

- **Taladro de Árbol**

El taladro de árbol presenta un OEE aceptable, basado en un índice de rendimiento un poco bajo debido a las velocidades de operación del equipo y dependiendo del material a taladrar, sin embargo presenta un índice de calidad muy bueno. De igual modo una detención por averías sería significativa por tratarse de un único taladro sofisticado, existe reemplazo pero no cubriría todas las funciones específicas de este, por lo cual la compañía le presta especial atención. El proceso de taladrado es de mucha precisión en proyectos complejos por eso se fijan ciertos índices sin importar el número de agujeros.

- **Prensa Hidráulica**

La prensa hidráulica es uno de los equipos más completos de la planta, se observa en un buen estado, desde sus conexiones hidráulicas hasta la superficie de sus émbolos. En el proceso de la fabricación de paneles, es en esta donde se presan o curvan todas las chapas que necesita el panel que son cerca de 650 unidades; el tiempo por averías se fija alto ya que se trata de una unidad hidráulica, que requiere una óptima intervención en caso de falla y se espera que este sea el tiempo mínimo de falla, ya que de no ser así afectaría notablemente el proceso de construcción del panel deteniendo otros procesos. Presenta el mejor OEE de los equipos que intervienen.

- **Tronzadora**

La máquina suministra un OEE satisfactoria, su índice de calidad es bajo frente a los otros dos, esto debido a los defectos de corte normal, por ejemplo las rebabas, que afectan la calidad, en esta se cortan los tubos de los paneles y algunas de las chapillas a utilizar. Sin embargo estos aspectos son propios de la habilidad del operario de la misma así como de la calidad del disco de corte.

- **Dobladora de Tubo**

Es la que presenta el menor OEE, sin embargo se debe a la robustez de la misma, se puede observar que su tasa de rendimiento es baja y se debe principalmente a que en esta se perfilan los tubos de los paneles, se puede apreciar en las fotografías que estos llevan una ligera curvatura, que debe ser perfilada con cierta precisión en un ángulo específico, por lo cual se hace con cierto cuidado para evitar dañar el material, además el espesor del material no permite que se perfilen de forma rápida. Por lo cual los tiempos de operación se hacen lentos. Sin embargo su índice de disponibilidad y calidad son muy buenos.

7. PLAN GENERAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

7.1 DISEÑO DE FORMATOS

El plan de mantenimiento preventivo constituye uno de los pilares de organización de cualquier empresa, ya que permite mantener de manera controlada el comportamiento de los diferentes equipos de la cadena productiva, además esto expresa una efectividad en la intervención de los mismos así como en el análisis de costos económicos que se involucran directamente en la mantenibilidad de un equipo. Para llevar a cabo y con eficiencia el programa de mantenimiento, hay que recolectar la información y consignarla de manera ordenada, esto va a permitir al personal involucrado, como los trabajadores y el jefe del área de mantenimiento registrar los diferentes eventos y comportamientos de los equipos, que permitan monitorear el funcionamiento de los mismos. De igual manera se plantea la elaboración de documentos que permitan conocer de manera específica algunas de las tareas a realizar. Por lo tanto se hace necesario elaborar una serie de formatos que van a permitir el registro de la información. Los formatos diseñados buscan monitorear, controlar, organizar y ejecutar tareas propias de las actividades del área de mantenimiento y ya que la compañía no cuenta con los mismos, estos a futuro se convierten en una herramienta primordial de la misma, además se elaboran pensando en los lineamientos del sistema de gestión de la calidad que es uno de los logros que busca la compañía. Dentro de los principales documentos elaborados para sustentar el plan de mantenimiento preventivo se pueden citar:

Tabla 11. Identificación de los formatos

Formato	Código SGC
Ficha técnica	DM-F-01
Hoja de vida	DM-F-02
Orden de trabajo de mantenimiento	DM-F-03
Ficha de Inspección	DM-F-04
Ficha de reporte	DM-F-05
Registro de fallas y novedades	DM-F-06
Historial de mantenimiento a equipos	DM-F-07
Características técnicas de los motores eléctricos	DM-F-08
Características técnicas de los equipos de soldadura SMAW Y MIG	DM-F-09
Carta de lubricación de equipos	DM-F-10
Salidas de equipos o elementos	DM-F-11
Control de mantenimiento autónomo	DM-F-12
Actividades básicas de mantenimiento	DM-F-13
Inventario general de repuestos	DM-F-14
Inventario general de equipos CMD SAS	DM-INV-01
Instructivos de mantenimiento	DM-IN-01

NOTA: Los códigos de los formatos están sujetos a modificaciones por parte de la gerencia en lo concerniente al desarrollo del sistema de gestión de la calidad sin embargo para efectos de organización se elaboraron de una forma coherente. Donde **DM** corresponde a departamento de mantenimiento, **F**, haría referencia a formato y el respectivo número consecutivo. Para efectos del **anexo H** los formatos se organizaron de forma diferente.

- A continuación se hace una breve descripción de ellos.

7.1.1 La Tarjeta maestra. (Ficha técnica): Este formato recopila toda la información técnica necesaria de cada uno de los equipos, describiendo sus partes eléctricas, mecánicas, hidráulicas, neumáticas según se requiera. Se constituye en la cedula del equipo ya que permite recopilar la información propia de funcionamiento referida por el fabricante, para el caso de la compañía se optó por elaborar dos versiones una para aquellos equipos de taller y otra para los equipos de servicios como de montaje y transporte; en estas también se puede consignar información importante como de seguros, revisión técnico mecánica, entre otros. En este aspecto es importante citar que muchos de los equipos contaban con sus placas borradas o dañadas por lo que fue difícil obtener la información detallada. **Ver anexo H1 (La ficha técnica)**

7.1.2 La Hoja de Vida: Este formato es de vital importancia, debido a que con él es posible tener un historial de las actividades realizadas a cada uno de los equipos que intervienen en el proceso productivo de la empresa. Como consecuencia cada equipo tendrá su propia hoja de vida. Se debe tener en cuenta que con la información recolectada en dicho formato, se pueden tomar decisiones a futuro referentes a la maquinaria, dando como resultado un posible cambio o sustitución del mismo. **Ver anexo H2 (La hoja de vida).**

7.1.3 La ficha de inspección: La inspección es considerada uno de los aspectos de mayor importancia en el mantenimiento esta permite de primera mano detectar síntomas de anomalías, para este caso se diseñó un formato que permite el monitoreo de las variables eléctricas, mecánicas, hidráulicas y partes de vital importancia del equipo. La frecuencia de la inspección se determina según el uso del equipo y su condición. **Ver anexo H3 (La ficha de inspección).**

7.1.4 Control de mantenimiento autónomo: Como parte del plan de mantenimiento preventivo enfocado a TPM se elaboró un estándar de mantenimiento autónomo con actividades principales y diarias que se recomienda sean acatadas por el personal de la empresa para el normal funcionamiento de los equipos del taller, este estándar además de hacer

parte de la filosofía TPM busca concientizar al trabajador sobre las actividades rutinarias que se deben cumplir para el cuidado del equipo. Además en el estándar se incluye una parte referente a las mínimas normas de seguridad que se deben cumplir en la operación del equipo, esto ayudara a prevenir accidentes al trabajador. **Ver anexo H4 (Control de mantenimiento autónomo).**

7.1.5 Actividades basicas de mantenimiento: En Este punto las actividades de mantenimiento son propias de cada equipo, según su naturaleza y complejidad y es de vital importancia identificar cuáles son. Están actividades se establecen con cierta periodicidad y ayudan a establecer la programación general. En este aspecto es vital mantener especial cuidado en aquellas actividades imprescindibles del equipo, de igual modo se puede ir alimentando el documento en virtud de la experiencia que se adquiera y las actividades que arroje el equipo. **Ver anexo H5 (Actividades basicas de mantenimiento).**

7.1.6 La orden de Trabajo: La Orden de Trabajo (OT) es específica para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee; Es un documento de vital importancia, para el cumplimiento de las labores de mantenimiento se debe diligenciar por cada actividad de mantenimiento que se realice o que sea solicitada. En esta se deben determinar varios parámetros de control de la actividad a ejecutar, entre los cuales está el tiempo total de la actividad, el tipo de mantenimiento realizado recursos, repuestos etc. **Ver anexo H6 (La orden de trabajo).**

7.1.7 La ficha de reporte: La ficha de reporte se considera como el seguro de la orden de trabajo, esta permite consignar a cabalidad el detalle de la intervención del equipo y debe ser diligenciada por la persona que ejecuta la orden de trabajo, esta ficha evidencia el cumplimiento de la labor, es decir si se realizó con satisfacción la labor o no. La ficha de reporte debe ir acompañada de un número que la relacione con la respectiva orden de trabajo, esto con el fin de mantener una trazabilidad y control de las labores. **Ver anexo H7 (La ficha de reporte).**

7.1.8 Carta de lubricacion de equipos: Es un documento que permite hacer un registro de las actividades propias de lubricacion que se efectúan en el equipo, en este formato se prevé se consigne los puntos a lubricar, la clase de lubricante, la clase de actividad, además sirve como referente para medir la cantidad y el control de los lubricantes y grasas a emplear. De igual manera el documento se plantea solo para los equipos de

montaje y transporte ya que son los equipos más complejos de la compañía. *Del mismo modo se plantea que sea de uso opcional para la compañía. Ver anexo H8 (Carta de lubricacion de equipos).*

7.1.9 inventario general de repuestos: Es un documento que permite llevar un control de los repuestos de recambio de los equipos o mantener un registro de las especificaciones técnicas de los insumos propios de cada equipo. Lo que se busca con este registro es mantener un stock adecuado del inventario de los principales componentes de un equipo. Al igual que la carta de lubricacion se propone para los equipos de montaje y transporte debido a su complejidad y cantidad de componentes que poseen sin embargo se deja como documento opcional para la compañía. **Ver anexo H9 (inventario general de repuestos).**

7.1.10 Formato de Salida equipos o elementos: Debido a la naturaleza de la empresa se optó por diseñar un formato que permita registrar la salida de los equipos de la compañía y que en su defecto deben ser enviados a otros proyectos alternos de la compañía, lo que se busca con este documento es llevar un control detallado de los equipos que se encuentran fuera de la compañía, así como el estado en el que salen y regresan. **Ver anexo H10 (Salida de equipos o elementos).**

7.1.11 Registro de fallas y novedades: Como parte del desarrollo del plan de mantenimiento propuesto, se diseñó un formato que se propone se deje en campo, (taller). Se busca que cualquier falla o novedad que ocurra sea registrada en primera instancia en el área donde ocurre, para que posteriormente sea informada al supervisor o jefe del área de mantenimiento quien será el encargado de gestionar la orden de trabajo respectiva. Es una forma técnica de llevar un historial desde el área de trabajo y que posteriormente alimentara la otra parte del sistema documental como la hoja de vida de los equipos. **Ver anexo H11 (Registro de fallas y novedades).**

7.1.12 Registro historial de equipos: Este formato se diseñó específicamente para que jefe del área o departamento de mantenimiento, lleve un control detallado de las actividades realizadas en los equipos, junto con algunas consideraciones técnicas que permitirán a futuro llevar una trazabilidad y generar datos estadísticos acerca de la gestion del mantenimiento efectuado en la compañía. **Ver anexo H12 (Registro historial de equipos).**

7.1.13 Características técnicas de los motores eléctricos: Este formato recopila toda la información inherente a los motores eléctricos que se encuentran en el área de taller de la compañía y sus principales especificaciones técnicas en virtud de llevar un inventario de los mismos. Algunos de ellos tienen sus placas borradas por lo que fue algo complicado extraer la información pertinente, sin embargo se espera que cualquier motor eléctrico que se adquiriera o sea parte de un equipo ingrese a la lista. **Ver anexo H13 (Características técnicas de los motores eléctricos).**

7.1.14 Características técnicas de los equipos soldadura SMAW y MIG: Este formato recoge toda la información pertinente de los equipos de soldadura del área de taller, junto con sus especificaciones técnicas, se ideó a manera de inventario y de organización de los mismos al igual que el anterior formato se espera que cada equipo que ingrese a la compañía se registre allí. Algunas de las casillas en el formato diligenciado se encontraran vacías debido a que los equipos en cuestión generalmente estaban alquilados. **Ver anexo H14 (Características técnicas de los equipos de soldadura).**

7.1.15 Inventario: este formato se diseñó específicamente para recopilar toda la información en la fase inicial del proyecto, sin embargo se deja como documento alternativo para futuros inventarios de la compañía. En él se recogen aspectos fundamentales del levantamiento de la información de los equipos. **Ver anexo H15 (Inventario general de equipos).**

7.2 CONFIGURACION Y DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

La aplicación del programa de mantenimiento preventivo, garantizara la máxima disponibilidad de los equipos, calidad en los trabajos, bajos costos de operación, por control de fallas o paradas imprevistas, entre otros. Para llevar a cabo el desarrollo del plan de mantenimiento propuesto, se ejecutaron unas fases previas las cuales se constituyen en:²¹

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente,
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.

²¹ El mantenimiento preventivo [en línea]. <http://www.solomantenimiento.com/m_preventivo.htm [citado el 29 de octubre de 2016]

- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.
- Administración e inspección de las actividades principales del PM
- Instructivos de los tipos de mantenimiento efectuados en la empresa.

Una vez establecidos estos criterios se procedió de forma ordenada a realizar las actividades que conllevaron a estructurar el plan de mantenimiento propuesto dentro de las cuales se efectuaron los siguientes pasos:

7.2.1 El inventario: como ya se indicó se encuentra en el **anexo C**.

7.2.2 La ficha técnica: se efectuó el diligenciamiento de todos los formatos correspondientes a los equipos de la empresa, teniendo en cuenta la información pertinente de cada uno de ellos. Para efectos del anexo y por tratarse de muchos equipos se considera pertinente adjuntar un equipo por cada familia o grupo similar los demás se pueden ver en el **CD** adjunto con el documento. **Ver anexo I.**

7.2.3 La hoja de vida: se llevó a cabo el diligenciamiento de los formatos correspondientes para todos los equipos de la compañía, asignando un número de hoja de vida teniendo en cuenta la asignación inicial u orden de listado visto en el capítulo **4.2** del presente documento. Para efectos del anexo y por tratarse de muchos equipos se considera pertinente adjuntar un equipo por cada familia o grupo similar los demás se pueden ver en el **CD** adjunto con el documento. **Ver anexo J.**

7.2.4 La ficha de inspección: basado en la información técnica de los equipos, manuales y experiencia de los trabajadores se procedió a efectuar el registro de cada una de las fichas de inspección de los equipos de la compañía. Para efectos del anexo y por tratarse de muchos equipos se considera pertinente adjuntar un equipo por cada familia o grupo similar los demás se pueden ver en el **CD** adjunto con el documento. **Ver anexo K.**

7.2.5 Control de mantenimiento autónomo: se procedió a diligenciar los estándares de mantenimiento autónomo de cada uno de los equipos. Para efectos del anexo y por tratarse de muchos equipos se considera pertinente adjuntar un equipo por cada familia o grupo similar los demás se pueden ver en el **CD** adjunto con el documento. **Ver anexo L.**

7.2.6 Actividades básicas de mantenimiento: consultados manuales de fabricante y experiencia de los trabajadores se procedió a diligenciar los registros de cada uno de los equipos según se propuso. Para efectos del anexo y por tratarse de muchos equipos se considera pertinente adjuntar un equipo por cada familia o grupo similar los demás se pueden ver en el **CD** adjunto con el documento. **Ver anexo M.**

7.2.7 Características técnicas de motores eléctricos y equipos de soldadura: se procedió a diligenciar los respectivos formatos junto con la información recopilada de los inventarios elaborados. **Ver anexo N.**

7.2.8 Instructivos para la gestión del Mantenimiento: una vez puntualizados todos los documentos del plan se procedió a elaborar los instructivos para el desarrollo de la gestión del mantenimiento correctivo, autónomo y preventivo como parte integral del plan de mantenimiento. En estos se indica paso a paso la forma como se deben gestionar las tareas de mantenimiento según el tipo. **Ver anexo O.**

7.2.9 Cronogramas del mantenimiento preventivo: Constituido el plan de mantenimiento propuesto, finalmente se diseñaron los cronogramas para el desarrollo del mantenimiento preventivo en la compañía, teniendo en cuenta las actividades de mantenimiento sugeridas. Se decidió elaborar dos calendarios uno para los equipos de montaje y transporte y el otro para los equipos de Sanblasting /pintura y taller, por tratarse de familias de equipos con consideraciones diferentes. Los cronogramas propuestos son de tipo progresivo, es decir se busca que siempre haya un equipo en operación mientras que su reemplazo o gemelo este siendo monitoreado, esto garantiza cierto respaldo. Los cronogramas se pueden ver en el **anexo P.**

7.2.10 Catálogos y manuales: Como parte fundamental del diseño del plan de mantenimiento, se contempló la necesidad de buscar los manuales y catálogos de fabricante de los diferentes equipos de la compañía, para incluirlos en la base de datos elaborada, en virtud de que puedan ser consultados en razón a que facilitan muchas de las tareas de mantenimiento, además de que permiten conocer las partes y repuestos de los equipos así como información específica y puntual de los mismos. Los manuales y catálogos elevan la gestión del mantenimiento cuando los procesos en la empresa son organizados. En el **CD** anexo al documento, en lo referente al control documental se encuentran algunos de los manuales de los principales equipos.

8. EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas que conforman la organización.²²

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.²³

8.1 FILOSOFIA DEL GRUPO ANTE EL TPM

Para un grupo de trabajo, el Mantenimiento Productivo Total implica la coexistencia y práctica de los Mantenimientos Correctivo, Preventivo, de Mejora y Prevención del mantenimiento, aplicados con la finalidad del progreso continuo²⁴. Es decir, los procedimientos que los determinen deben ser flexibles y aprovechar la realimentación de experiencias y planes de acción para ser mejorados, y así ir eliminando progresivamente las “6 grandes causas de pérdidas”. El objetivo final es alcanzar los “objetivos cero” (cero averías, cero defectos, cero paradas, cero accidentes, cero stocks), mediante la implicación diaria de todos los actores de todos los departamentos y funciones.

Tradicionalmente ha habido una marcada separación entre el departamento de mantenimiento y el de Producción. Las cada vez más exigentes necesidades del mercado, hacen necesario un cambio radical en la forma de llevar a cabo el mantenimiento, y el grupo es consciente de ello. La separación entre ambos departamentos hacia que sólo se atacaran los problemas cuando había una parada grave, lo que conlleva a una pérdida muchas de las veces que ninguno de los dos

²² TPMONLINE/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmrobertsSpanish.htm. [en línea]. <<http://www.leanexpertise.com> >.[Citado 30 de octubre de 2016].

²³ Mantenimientomundial.com.mantenimiento total productivo y estrategia de las 5S [en línea]. <<http://www.mantenimientomundial.com/sites/libro/torres/parte4.pdf> [citado el 30 de octubre de 2016]

²⁴ http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_44_176_10_295.pdf

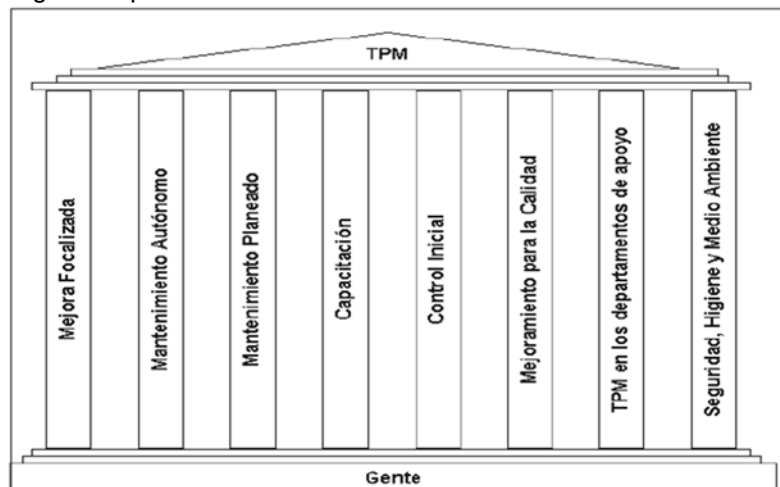
departamentos entendía. Lo que se pretende con la nueva filosofía del TPM es integrar los dos departamentos ,que se traduce básicamente en que los trabajadores de la empresa no solo sean partidarios del proceso productivo sino que además se conviertan en los inspectores de sus propio equipos, informando y realizando el mantenimiento de los mismos a través de estrategias y conceptos hacia la mejora continua y el fortalecimiento de las actividades de mantenimiento de la compañía que a la larga son la base fundamental de la metodología TPM.

Por tal razón se hace necesario un cambio de mentalidad en el seno de la empresa: debe haber coordinación y cooperación activa entre la futura área de mantenimiento y Producción ya sea que exista un coordinador encargado del área de mantenimiento y los trabajadores de la compañía. Por otra parte la dirección de la empresa, tiene que pasar de una gestión separada de Mantenimiento y Producción, a una gestión conjunta de los dos dominios.

8.2 LOS PILARES DEL TPM

Para conseguir los objetivos del TPM, es necesario aplicar sistemáticamente los útiles principios de cada uno de los dominios o pilares del TPM, que se verán a continuación.

Figura 16.pilares del TPM



Fuente. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/libro/torres/parte4.pdf>

Para cada Pilar existen unas herramientas y un encadenamiento. La utilización sistemática y ordenada de las herramientas que constituyen los pilares, para una tarea determinada, hará que evolucionen sistemáticamente y mejorara la capacidad de los procesos y disminuirá la incidencia de las pérdidas.

8.2.1 La mejora focalizada o Kobetsu Kaizen.

Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo con el objetivo de maximizar la Efectividad global de Equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e interfuncionales que emplean metodología específica y centran su atención en la eliminación de las pérdidas existentes en las plantas industriales. Las técnicas TPM ayudan a eliminar ostensiblemente las averías de los equipos. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido Ciclo Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

*Para el tratamiento de este aspecto se centró el análisis de este pilar en el desarrollo de por lo menos dos de los aspectos relacionados con el tratamiento de las **seis grandes pérdidas (Ver presentación TPM en CD)**, en la compañía de montaje diseño y construcción CMD SAS, para esto se procedió a calcular la **OEE** (efectividad global de los equipos) del proceso de fabricación de paneles para depuradores de humos, **ver anexo G** en el cual se puede ver claramente el rendimiento de los equipos que intervienen en la fabricación, afectado muchas de las veces por los tiempos que se conocen como tiempos muertos o vacíos, este tiempo se subdivide en dos categorías que generalmente relacionan los tiempos de averías y los tiempos de preparación y ajustes.*

Lo que se propone es que la compañía elimine los tiempos de fallas y averías de manera significativa para aumentar el rendimiento de los equipos del proceso productivo, para tal fin se desarrolló la plantilla y queda a disposición del departamento de mantenimiento para que se efectúe un control y medición de los equipos de acuerdo a la situación planteada. se considera que controlar las fallas va a permitir a la compañía ser más eficiente en sus procesos además esto se traduce en un ahorro significativo de repuestos y costos económicos.

En el caso de los tiempos de preparación y ajustes es evidente que no se pueden eliminar del área de trabajo, sin embargo si se pueden reducir al máximo generando conciencia en el personal de producción de la compañía, en aspectos como la eficiencia y la eficacia en los procesos además de la mano del plan de mantenimiento se busca que las tareas de control magnifiquen la calidad y operatividad de los equipos.

En lo relacionado con las pérdidas por defectos de calidad la compañía ha interpretado que desde la fase inicial la materia prima no se puede desperdiciar además la empresa busca como política integral la satisfacción del cliente que se traduce en diseño y fabricación de óptima calidad.

8.2.2 Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen.

Una de las actividades del sistema **TPM** es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este es uno de los procesos de mayor impacto en la mejora de la productividad. Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipamiento, a través de un alto grado de formación y preparación profesional que inculquen conductas de respeto hacia las condiciones de operación y conservación de las áreas de trabajo (libres de contaminación, suciedad y desorden).

En este pilar del TPM según los líderes del JIPM se deben aplicar 7 pasos básicos para el desarrollo de una correcta gestión del mantenimiento autónomo, se resumen en la figura siguiente y se propone se ejecuten como modelo a seguir para establecer una nueva disciplina de inspección por parte del personal operativo de la compañía de montajes diseño y construcción **CMD SAS**. Se plantea que se ubique la descripción de este estándar en un lugar visible del taller una vez puesto en marcha el plan de mantenimiento, en pro de recordarle al personal de la empresa las principales actividades del mantenimiento autónomo.

Figura 17. Pasos del mantenimiento autónomo



Fuente: <http://es.slideshare.net/lean-sigma/tpm-mantenimiento-productivo-total>

- **Limpiar e inspeccionar:** Eliminar toda la suciedad y mugre en la máquina, lubricar, apretar pernos y encontrar y corregir problemas. *se recomendó al*

personal de CMD SAS tener especial cuidado con el sitio de trabajo, esto ayuda a prevenir accidentes.

- **Eliminar fuentes de problemas y áreas inaccesibles:** Corregir fuentes de suciedad y mugre; prevenir salpicaduras y mejorar el acceso para la limpieza y lubricación. Disminuir el tiempo que ocupa para limpiar y lubricar. *Se sugirió al personal de la compañía mantener el área trabajo libre de obstáculos y materiales ajenos.*
- **Crear estándares de limpieza y lubricación:** describir estándares que aseguren que la limpieza, lubricación y ajuste se pueda realizar de manera eficiente. (planificación para tareas diarias). En este aspecto se hizo necesario elaborar un control de mantenimiento autónomo propio de cada equipo que se recomienda en lo posible sea ubicado lo más cercano al equipo, ya que va a permitir recordar al personal de taller las actividades y cuidados que deben tener para con los equipos. El modelo propuesto se puede ver en el **anexo L** del presente documento.
- **Realizar capacitación de inspección general:** Llevar a cabo capacitación de habilidades con manuales de inspección y utilizar inspecciones generales para encontrar y corregir anomalías leves en el equipo. *En este aspecto se cuenta como parte del plan de mantenimiento con la ficha de inspeccion mensual a solicitud de la gerencia con la cual se busca encontrar fallas o detalles que en el mantenimiento autónomo no pueden ser encontradas con rigurosidad.*
- **Realizar inspecciones autónomas:** Preparar listas de revisión estándar para las inspecciones autónomas. Llevar a cabo las inspecciones. *se recomendó al personal hacer inspeccion antes durante y después del funcionamiento de los equipos.*
- **Estandarizar con el lugar de trabajo:** Estandarizar y manejar visualmente todos los procesos de trabajo. Ejemplos: limpieza, lubricación, estándares de inspección, estándares de flujo de materiales del taller, estándares para el método de registro de datos, estándares de manejo de herramientas y plantillas. *En este aspecto se enfatizó en la Socializacion del plan de mantenimiento en la importancia de tener unas directrices y formas*

adecuadas de realizar un trabajo así como la importancia del orden y limpieza diaria.

- **Implementar mantenimiento autónomo:** Desarrollar políticas y objetivos de la compañía; hacer de las actividades de mejora una parte de la práctica diaria; conservar datos fiables; analizarlos y utilizarlos para mejorar el equipo. *Como parte de la gestión del desarrollo de mantenimiento el formato de mantenimiento autónomo se puede seguir alimentando según considere el jefe o supervisor del área de igual modo se cuenta con el instructivo de mantenimiento autónomo que se puede ver en el **anexo 02**.*

8.2.3 Mantenimiento Planificado o Keikaku Hozen.

El mantenimiento planificado, preventivo o programado es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. Su objetivo es el de eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejora, preventivas y predictivas, y su propósito final es el de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta “cero averías” en la planta industrial. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento, es necesario contar con bases de datos de incidencias y de problemas potenciales más comunes, información interna (experiencia de los operarios y responsables de mantenimiento) y externa (respaldo y experiencia de los proveedores de los equipos), capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.²⁵

Basado en esta condición o pilar del TPM se puede argumentar que el principal interés de CMD desde el comienzo fue el diseño del plan de mantenimiento preventivo que es piedra angular de los diversos sistemas de mantenimiento a seguir. En este aspecto se concentró la elaboración de las fichas técnicas de los equipos con ayuda de manuales y placas respectivas, de igual manera se escuchó de voz y experiencia de los trabajadores las principales actividades que se realizan a los equipos, se consultó en detalle sugerencias de fabricantes y sumado a esto se establecieron las frecuencias de intervención de los equipos, además se elaboraron los principales elementos del mantenimiento(OT) entre otros; todo esto sumado a otros aspectos ayudaron a conformar el respectivo plan de mantenimiento.

²⁵ SANZ Berta. Implantación de la dinámica TPM en línea de pintura de fabricación de vehículos. [En línea]. < <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8049> [citado el 31 de octubre de 2016]

8.2.4 Capacitación.

Este es un pilar importantísimo que no debe olvidarse ni en el que deben escatimarse esfuerzos ni recursos dentro de la empresa. La organización está constituida por personas, y es el trabajo de éstas el que mantiene la empresa. Para que esta situación sea sostenible, es necesario actualizar el conocimiento de las personas al mismo tiempo que van avanzando las tecnologías, las técnicas y al mismo tiempo que lo demanda el mercado. Si esto no se hace, la empresa se estancará con sus ideas antiguas (por muy habilidosos que fuesen sus trabajadores) y su competitividad caerá. La educación y la formación son imprescindibles para adaptar y preparar a los trabajadores de la empresa para los continuos cambios que se suceden en el entorno.

Figura 18. Capacitación



Fuente. <http://www.losrecursoshumanos.com/introduccion-a-la-capacitacion-y-desarrollo/>

En este pilar se insta a la compañía en cabeza del departamento de mantenimiento, partiendo de la Socialización del plan de mantenimiento a seguir capacitando a los trabajadores en los diversos métodos y técnicas de mantenimiento industrial así como en las principales labores y tareas que se desarrollen en cuanto al mantenimiento que se ejecuta en la compañía, se recomienda que por lo menos se elabore una charla mensual de no más de 20 minutos en temas afines, esto con el fin de afianzar el área de mantenimiento de la empresa y por supuesto los conocimientos del personal de servicios y producción.

8.2.5 Control inicial.

Este es un poderoso pilar TPM destinado a prevenir los problemas que se pueden presentar en equipos, maquinaria, productos o proyectos, desde las fases de diseño y desarrollo. En TPM se emplea para identificar y prevenir problemas potenciales

que una empresa puede encontrar cuando se va a comprar, instalar y poner en marcha una máquina o proceso.²⁶

Los objetivos de este pilar son:

- Aumentar la eficiencia del desarrollo de nuevos productos y de inversiones de equipo.
- Reducir los tiempos de aplicación de nuevos cambios tecnológicos.
- Lograr arranques verticales.

En este pilar se indicó e hizo énfasis en la importancia de que los equipos que ingresen a la compañía sean lo más eficientes y presten el servicio para el cual se diseñaron, lo que se busca es que sean equipos altamente operativos y necesarios, en este aspecto es importante resaltar que se debe aprender de los equipos que ya existen en la compañía y en caso de adquirir uno nuevo se debe pensar en que sea lo más actualizado o moderno posible, esto a largo plazo representara menos desgaste en actividades de mantenimiento y calidad en los servicios que ofrece la compañía. De igual manera desde este pilar se pretende reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de mantenimiento en toda la empresa. Finalmente la idea es asegurar la mantenibilidad de los equipos desde su compra.

8.2.6 Mejoramiento para la calidad o Hinshitsu Hozen.

Esta clase de mantenimiento tiene como propósito mejorar la calidad del producto, reduciendo la variabilidad mediante el control de las condiciones de los componentes y del equipo que tienen impacto directo sobre las características de calidad del producto. Su objetivo es establecer las condiciones del equipo en un punto donde el “cero defectos” es factible.²⁷

Mantenimiento de calidad es:

- Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que éste no genere defectos de calidad.
- Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para “cero defectos” y que éstas se encuentran dentro de los estándares técnicos.

²⁶ El pilar TPM “control inicial” clave para prevenir errores en proyectos y en productos. <http://www.ceroaverias.com/centroTPM/articulospublicados/controlinicial.pdf.<> [citado el 02 de noviembre de 2016].

²⁷ SANZ Berta. Implantacion de la dinamica TPM en línea de pintura de fabricacion de vehiculos. [En línea]. < <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8049> [citado el 02 de Noviembre de 2016]

- Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a las situaciones de anormalidad potencial.

*En este pilar se recomienda a la gerencia de CMD, una vez puesto en marcha el plan de mantenimiento propuesto, realizar un seguimiento al mismo en aras de identificar los factores del equipo que generan los defectos de calidad. Sin embargo como se indicó, existen muchas formas de medir los índices de calidad de los servicios y productos de la compañía, para tal efecto se propone por ahora el uso del indicador **OEE** ya que esta permite tener una visión global e integral del rendimiento, la disponibilidad y la calidad de los equipos, como se indica la meta es tener equipos con una alta disponibilidad libres de defectos y fallas que soporten la calidad de las labores que desempeña la empresa. En este aspecto también se le sugirió al personal de la empresa la inclinación por las labores de calidad como principal vitrina de la empresa. De igual manera con el uso de la plantilla de Auditoria se puede hacer seguimiento a la gestión del mantenimiento en la empresa que permitirá conocer cómo avanzan los procesos en la misma.*

8.2.7 TPM en los departamentos de apoyo.

El TPM en los departamentos de apoyo tiene como objetivo “Eliminar las demoras en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia de los trámites”. Es decir, el TPM se apoya en todos los departamentos para agilizar la gestión del mantenimiento, por eso es importante que cada uno haga su trabajo a tiempo y coordinadamente a través del trabajo en equipo. Por ejemplo las autorizaciones y la gestión de compras de repuestos generalmente son las que más demoran en la etapa de puesta a punto de un equipo que ha entrado en falla ya que por lo general no se cuentan con el repuesto en stock y este debe ser comprado de inmediato.

*Para este pilar y en el caso de los equipos de transporte y montaje se diseñó un formato que va a permitir conocer qué tipo de repuestos son los más necesarios de acuerdo a la clase. Ver (**anexo H9**). Lo que se propone es que el documento sea diligenciado en virtud de establecer repuestos, cantidades y costos. De igual manera el documento sirve como soporte para el departamento de compras. Dentro de la filosofía TPM se indicó a los demás departamentos de la compañía la importancia de que todos hagan parte de la posterior implementación del plan de mantenimiento y se postuló la doctrina del cliente interno que se traduce en un encadenamiento de todos los departamentos de la compañía que va a permitir involucrarlos unos con otros en pro del mejoramiento de la compañía.*

8.2.8 Seguridad higiene y medioambiente.

Aquí lo importante es buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro, muchas veces ocurre que la contaminación en el ambiente de trabajo es producto

del mal funcionamiento del equipo, así como muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y por herramientas en el área de trabajo. El objetivo de este pilar es crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación.

Figura 19. Medio ambiente



Fuente: <http://www.ctaima.com/curso-actualizacion-de-la-legislacion-en-medio-ambiente-y-seguridad-industrial>.

Para este pilar se le indico al personal de la compañía la importancia del orden en los puestos de trabajo así como la limpieza en general, se recalcó la importancia de que los desechos de los procesos productivos (aceites usados, materiales sobrantes etc.) sean dispuestos en zonas específicas de la empresa o en puntos clave para posteriormente sean tratados conforme a la legislación ambiental vigente. En este aspecto CMD sas es consciente de ello y se observa en la compañía sitios específicos de reciclaje, se puede decir que este aspecto en la compañía está bien implementado. Por otra parte se le indico al personal de la compañía la importancia del autocuidado y del cuidado del grupo de trabajo en aras de evitar accidentes, de igual manera en el control de mantenimiento autónomo se establecieron actividades básicas de seguridad que se deben atender en el manejo de cada uno de los equipos, sin embargo para este aspecto se recomiendan 5 tips que facilitan las normales actividades en la empresa y forman parte de la cultura las cuales son:

- *Se debe crear un ambiente seguro a través de un programa donde se comprometan los jefes, empleados y representantes de la empresa. Deben asesorarse por expertos en higiene y seguridad laboral.*
- *El personal de una compañía debe estar capacitado para desarrollar el trabajo asignado.*

- *El personal de CMD siempre deben estar motivado y feliz con las actividades que realiza día a día. Con ello, pondrán atención más detallada.*
- *Nunca laborar en condiciones inseguras o velocidades excesivas. Tampoco se deben realizar bromas pesadas durante las horas de trabajo.*
- *Se debe dar mantenimiento continuo a máquinas, equipos o herramientas que se manejen diariamente, es decir manejar la filosofía del mantenimiento autónomo.*

8.3 APLICACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN JAPONÉS DE LAS 5S.

Basada en palabras japonesas que comienzan con una "S", esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo. 5 S's simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad.

A continuación se describe cada una de ellas. De igual manera se hará una síntesis de lo que se encontró en la empresa y lo que se propone se efectúe como mejora encaminada a la administración y la filosofía TPM a través de ejercicios técnicos sobre la implementación de las 5 S's.

Figura 20. Las 5 S's



Fuente: <http://prevencionar.com.co/2016/06/27/metodo-las-5s/>

8.3.1 SEIRI (clasificar). Seiri o clasificar significa eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios y que no se requieren para realizar nuestra labor. Con este pensamiento se eliminaron elementos que molestan, quitan espacio y estorban, ya que estos perjudican el control visual, impiden la circulación por las áreas de trabajo, inducen a cometer errores en el manejo de materias primas y en numerosas oportunidades pueden generar accidentes en el trabajo.

- Para este enfoque y una vez realizada una inspección del área de trabajo se pudo observar que en **CMD SAS**, algunos de los puestos de trabajo no son lo más organizados posibles, se encontraron materiales en el piso, planos en papel en tableros eléctricos, entre otros. Elementos que de alguna forma facilitan el desorden en el taller. *Ver figura 21.*
- ✓ **Propuesta:** se recomendó al personal de taller y en general efectuar una clasificación de las cosas que no se necesitan, se propuso recoger planos que ya no se necesitan para reciclarlos en un sitio adecuado, de igual manera disponer de un sitio para reciclar material del proceso entre otros. del mismo modo se propuso a la gerencia delimitar las zonas de seguridad de los equipos como parte de la clasificación de la planta y clasificar los estantes del almacén de acuerdo a una nomenclatura específica. **Ver anexo C.**

Figura 21. Seiri (clasificar)



Antes

Después

8.3.2 SEITON (orden). Seiton consiste en organizar los elementos que se han clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Una vez que hemos eliminado los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que necesitamos con frecuencia, identificándolos para eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados.

- En este enfoque se realizó el inventario de almacén se halló que muchas de las herramientas allí se encontraban mezcladas indistintamente en varios sitios, no había un orden sistemático, carecían de orden lo que imposibilitaba encontrar muchas de las veces las cosas.
- ✓ **Propuesta:** elaborado el inventario de almacén se procedió a ordenar las diferentes herramientas por familias en los diferentes estantes adoptando como se indicó una clasificación, se sugirió al encargado del almacén que lo mantuviera de esta forma. *Ver figura 22.*

Figura 22. Seiton (orden)



Antes

Después

8.3.3 SEISO (limpiar). Seiso significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM, Seiso implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de fuga. La limpieza se relaciona estrechamente con el buen funcionamiento de los equipos y la habilidad para producir artículos de calidad. Seiso implica un pensamiento superior a limpiar. Exige que realicemos un trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar acciones de raíz para su eliminación.

- En este enfoque se encontraron varias zonas de la empresa en donde se depositaban residuos de los trabajos realizados, además algunos puestos de trabajo al final del turno no eran claramente limpiados, algunos equipos se veían sucios entre otros.
- ✓ **Propuesta:** se indicó al personal de la empresa la importancia de mantener los puestos de trabajo y el taller en general, en óptimas condiciones de limpieza e impecables sobre todo al final de turno lo que garantiza que al día siguiente todo va a estar en su sitio y limpio. Del mismo modo cabe anotar que el punto ecológico de la empresa debe mantenerse libre de equipos de

producción y garantizar que se depositen los residuos como corresponde. (evitar canecas saturadas de basura). Ver figura 23.

Figura 23. Seiso (limpiar)



8.3.4 SEIKETSU (estandarizar). Seiketsu es la metodología que permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S". Si no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada con nuestras acciones. Seiketsu implica elaborar estándares de limpieza y de inspección para realizar acciones de autocontrol permanente. Los estándares deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal.

- En este aspecto la compañía CMD SAS no contaba con ningún plan de mantenimiento estructurado, no había documentos referentes a actividades que se pudieran desarrollar sistemáticamente.
- ✓ **Propuesta:** como parte del diseño y desarrollo del plan de mantenimiento propuesto se elaboró la documentación correspondiente, junto con sus instructivos. en este ítem cabe resaltar la importancia de las actividades básicas de mantenimiento a efectuar así como el control de mantenimiento autónomo propios de cada equipo en las que se recomienda el cuidado de los equipos así como las normas de seguridad mínimas. ver anexos **L y M**. Ver figura 24.

Figura 24. Estándar mantenimiento autónomo

		CONTROL DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	Código: DM-F-12 Version: 01 Elaboro: Silverio Jalme Fecha: 03-08-2016 Aprobó:
EQUIPO: CODIGO: SECCION: MARCA: Nº HOJA DE VIDA:	COMPRESOR SYB-CO-005 SANBLASTING Y PINTURA AIRMAN PDS1855 17		
Observaciones: INFORMAR AL JEFE DE TALLER SOBRE DEFECTOS E IRREGULARIDADES ANTES, DURANTE Y DESPUES DEL TRABAJO CON EL EQUIPO.			
NORMAS A CUMPLIR DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO			
1. Inspeccionar la superficie de la máquina, en busca de daños y averías. 2. Verifique el estado de los tanques de lubricantes, combustible y agua de refrigeración, observe sus niveles. 3. Verifique el funcionamiento del motor, este no debe presentar ruidos anormales y debe operar libremente. 4. Verifique el estado de las mangueras de aire y sus acoples, de igual manera verifique el estado de válvulas. 5. Verifique el estado de correas, poleas y elementos de sistema motriz de compresión así como del motor. 6. Verifique el estado de filtros y manómetros en general si observa daños o lecturas erróneas, informe y si es posibles sustitúyalos. 7. Verificar el estado del conjunto en general, neumáticos, luces y demás REALIZAR LIMPIEZA DIARIA DEL EQUIPO.			
NORMAS DE SEGURIDAD			
1. No operar el equipo si observa un aumento de presión inadecuado, puede ser peligroso y causar un accidente. 2. No dirija aire comprimido a ninguna parte del cuerpo esto puede causar lesiones por efecto de presión. 3. Respete el diseño original del equipo, no quite guardas de seguridad, no modifique los ajustes de presión de fábrica ni deje elementos extraños sobre él. 4. Jamás intervenga el equipo en condiciones de operación, cualquier ajuste debe hacerse con el equipo apagado. 5. Use todos los elementos de protección personal suministrados por la compañía, guantes overol, chaqueta, casco. 6. Revise todas las conexiones eléctricas y switches del equipo, verifique que cumplan su función. 7. No realice conexiones inadecuadas y fraudulentas en las mangueras de suministro del equipo.			
<i>[La limpieza y el orden sinónimo de seguridad]</i>			
			

Fuente: autor

8.3.5 SHITSUKE (disciplina). Shitsuke o Disciplina significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo. Se pueden obtener los beneficios alcanzados con las primeras "S" por largo tiempo si se logra crear un ambiente de respeto a las normas y estándares establecidos. Las cuatro "S" anteriores se pueden implantar sin dificultad si en los lugares de trabajo se mantiene la Disciplina. Su aplicación nos garantiza que la seguridad será permanente, la productividad se mejore progresivamente y la calidad de los productos y servicios sea excelente.

- Este aspecto es nuevo para la compañía, sin embargo como forma parte de la filosofía TPM es de entender que no esté bien consolidado.
- ✓ **Propuesta:** se plantea que la filosofía de las 5 s sea aplicada con interés y seriedad ya que a futuro se puede convertir en hábito de la empresa y esto se ve reflejado en la imagen corporativa de la misma, es importante que el personal de la compañía se comprometa con esta cultura de gestion.

8.4 LOS GRUPOS PEQUEÑOS

Los grupos pequeños de trabajo se consideran equipos destinados a la resolución de problemas puntuales, son una de las metodologías de base para el desarrollo del TPM en la empresa, su determinación depende de las necesidades de la empresa y sus objetivos deben ser específicos y bien definidos en procura de lograr buenos resultados en la empresa.

Figura 25. Grupos pequeños



Fuente: http://estructuradecargosdanna.blogspot.com.co/2015_06_01_archive.html

Debido a que esta metodología es apoyo para el desarrollo del TPM, los grupos pequeños se constituyen en un respaldo para los pilares del TPM, de tal forma que podría existir un grupo pequeño por cada pilar si así se determinara, sin embargo esto generalmente se podría aplicar en industrias donde el personal es considerable y se pueden dirigir ampliamente los esfuerzos en la resolución de problemas.

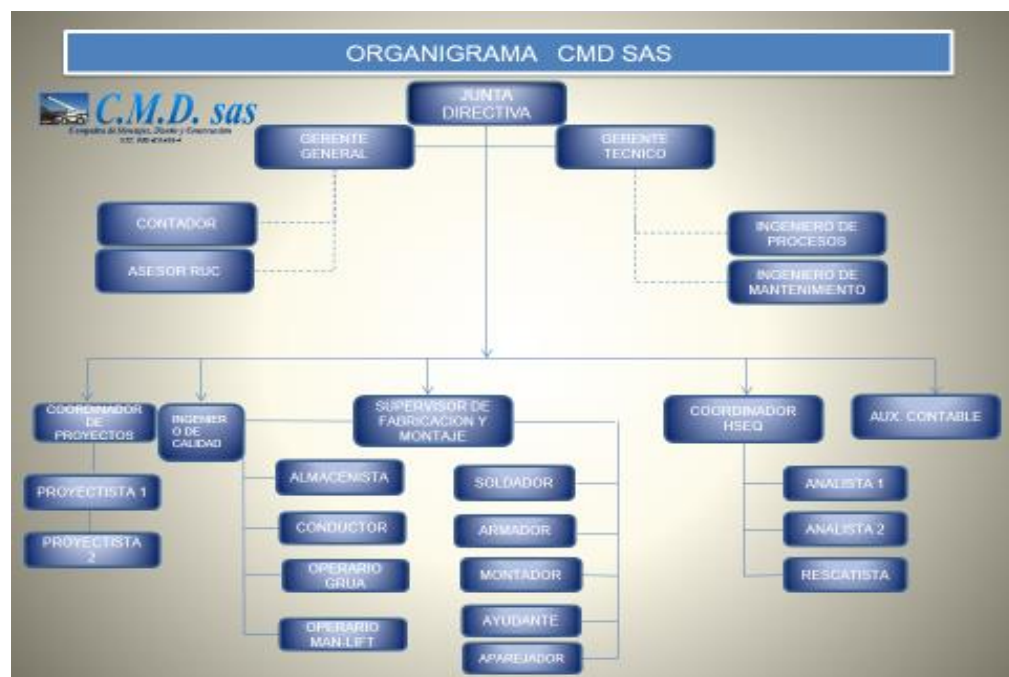
*Para el caso de **CMD** y por la naturaleza de la empresa, constituir grupos pequeños que intervengan y den solución a los posibles problemas que se presenten es fundamental, sin embargo por el tamaño de la empresa y dado el personal que se mantiene en taller, por ahora es algo complejo puntualizar estos grupos con ciertas funciones y responsabilidades debido a que el personal de la compañía por lo general está entrando y saliendo de proyectos en las industrias de la región, en términos generales el personal es variable en el área de taller debido a la complejidad de los proyectos. Sin embargo se plantea a la gerencia y al área de mantenimiento en virtud de su crecimiento implantar estos grupos de apoyo a futuro.*

8.5 EL TPM Y EL AREA DE MANTENIMIENTO

El organigrama tiene como objetivo presentar, de forma clara, objetiva y directa, la estructura jerárquica de la empresa. Desde el presidente, pasando por los directores, gerentes y empleados, todos los cargos y funciones están ahí. Ayuda a la división interna, pero también contribuye a agilizar procesos y reducir barreras entre la empresa y agentes externos, como proveedores y socios.²⁸

El organigrama general de la compañía no presenta en su organización ninguna área asociada al mantenimiento por lo que finalmente se optó por diseñar una estructura en esta área que apoye y sustente la organización total de la compañía y de este modo garantizar la eficiencia y gestión del programa de mantenimiento. A continuación se incluye en el organigrama de la compañía el área de mantenimiento que se dejara a consideración de la gerencia de CMD SAS para su futura modificación o aprobación, se plantea que sea de la siguiente manera:

Figura 26. Organigrama modificado



Fuente: CMD SAS y rediseño de autor

*En el numeral **2.1.4 del capítulo 2** del presente documento se muestra el organigrama de la compañía en su última actualización emitido por la gerencia, sin embargo una vez constituida el área de mantenimiento se plantea que se incluya el siguiente subnivel:*

²⁸ Importancia Del Organigrama en la estructura de una empresa [en línea] . <<http://destinonegocio.com>. [citado 03 de noviembre de 2016]

Figura 27 .inclusión área mantenimiento



Fuente: autor

*Lo que se busca con esta nueva inclusión es darle al área de mantenimiento en cabeza de su director o jefe la importancia en el nivel jerárquico de la compañía se propone que sea en esa ubicación porque se considera que el área de producción como se indico debe ir en llave con el área de mantenimiento, se deben complementar como lo establece la filosofía moderna **TPM**, además en aras de que cualquier decisión que se tome en función de la productividad y rentabilidad de la compañía sea también observada desde la mantenibilidad de los equipos.*

9. CONTROL DE LA DOCUMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Una vez diseñado el plan de mantenimiento, junto con toda la base documental que lo soportara se pensó en crear el control específico de toda la información por tal razón y en base a que la empresa, no posee registros de controles de mantenimiento ni mucho menos un software de mantenimiento, se decidió por el uso del software de Microsoft Office en lo concerniente al paquete de **EXCEL**. Esta herramienta es muy versátil y flexible en cuanto a recopilación de la información por el desarrollo de las hojas de cálculo para procesar todos los datos, además permite desarrollar interfaces bastante confiables.

*Todo el control del sistema documental se encuentra en el **CD** adjunto a este documento en él se puede ver finalmente como quedaron enlazados los documentos del plan de mantenimiento de manera interactiva. A continuación se hará una breve explicación de la interfaz desarrollada.*

- i. Lo primero que se muestra es el diseño de la presentación de la base de datos del plan de mantenimiento propuesto de la siguiente manera.

Figura 28. Presentación inicial



Fuente. Diseño autor

El control de la documentación se encuentra entrelazado por hipervínculos almacenados en las diferentes hojas de libro y estos a su vez con otros formatos de documentos como **WORD** en una única ubicación o carpeta.

- ii. A continuación y una vez hecho click, el botón de Contenido se abre una nueva interfaz que permite ver el contenido total de los documentos y/o archivos a través de iconos debidamente asociados...

Figura 29. Contenido plan de mantenimiento



Fuente .Diseño autor

- iii. Una vez allí se puede ir a cualquiera de las opciones que deseemos para efectos de ejemplo iremos a dos ubicaciones específicas, la primera será ver el contenido de los equipos de montaje y transporte. En esta se puede apreciar la forma como se organizaron los equipos de esta área, a través de una plantilla que recoja los documentos propios de cada equipo y los agrupe de forma lógica y ordenada. De igual manera los equipos correspondientes al área de sanblasting y pintura como los de taller están ordenados de modo similar. Ver figura 30.

Figura 30. Equipos de montaje y transporte



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ENFOCADO A TPM PARA LA COMPAÑÍA DE MONTAJES DISEÑO Y CONSTRUCCION CMD SAS

EQUIPO Y CODIGO	FORMATOS PARA LA GESTION	CATALOGOS/MANUALES	FOTOGRAFIA
GRUA TELESCOPICA MO-GR-001	FICHA TECNICA	RT-SERIES-500	
	HOJA DE VIDA		
	FICHA DE INSPECCION		
	CONTROL DE MANTENIMIENTO AUTONOMO		
	ACTIVIDADES BASICAS DE MANTENIMIENTO		
	INVENTARIO GENERAL DE REPUESTOS		
	CARTA LUBRICACION DE EQUIPOS		
GRUA TELESCOPICA MO-GR-002	ETIQUETA	<div> <div>ESPECIFICACIONES RT-230</div> <div>TABLA DE CARGA RT-230</div> </div>	
	FICHA TECNICA		
	HOJA DE VIDA		
	FICHA DE INSPECCION		
	CONTROL DE MANTENIMIENTO AUTONOMO		
	ACTIVIDADES BASICAS DE MANTENIMIENTO		
	INVENTARIO GENERAL DE REPUESTOS		
CARTA LUBRICACION DE EQUIPOS			

INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO

EQUIPOS MONTAJE Y TRANSPORTE

EQUIPOS SVP Y TALLER

...

+

:

◀

CONTENIDO

Fuente. Diseño de autor

- iv. Como segundo ejemplo se va a la ubicación que hace referencia a los formatos para la gestion del mantenimiento en esta ubicación se pueden encontrar todos los formatos aplicados al plan, allí se observan en blanco o de manera (virgen) si se quiere decir así. La idea es que cada que se adquiera un equipo nuevo, se cuente con la documentación para hacer el respectivo ingreso a la compañía y se generen los formatos propios. Ver figura 31.

Figura 31. Formatos vacíos



The interface displays two columns of empty form templates for maintenance management. The left column contains:

- FICHA TECNICA V.1
- FICHA TECNICA V.2
- HOJA DE VIDA
- FICHA DE INSPECCION
- CONTROL DE MANTENIMIENTO AUTONOMO
- ACTIVIDADES BASICAS DE MANTENIMIENTO
- INVENTARIO GENERAL DE REPUESTOS
- CARTA LUBRICACION DE EQUIPOS

The right column contains:

- ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO
- FICHA DE REPORTE
- REGISTRO DE FALLAS Y NOVEDADES
- HISTORIAL DE MANTENIMIENTO A EQUIPOS
- CARACTERISTICAS TECNICAS MOTORES ELECTRICOS
- CARACTERISTICAS TECNICAS EQUIPOS SOLDADURA
- SALIDA DE EQUIPOS O ELEMENTOS

Navigation buttons include 'CONTENIDO' (left), 'INICIO' (right), and a bottom bar with 'EQUIPOS SVP Y TALLER', 'FORMATOS GESTION MANTENIMIENTO' (active), and 'LISTADO'.

Fuente .Diseño autor

Figura 32 .instructivos de mantenimiento



Fuente. Diseño de autor

- v. Finalmente la base de datos de todo el plan de mantenimiento contenido allí se puede actualizar según se requiera por parte de la compañía o personal encargado, la idea es que por su puesto se siga alimentando en virtud del crecimiento de la compañía y el departamento de mantenimiento.

9.1 SOCIALIZACION O CAPACITACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Básicamente la Capacitación está considerada como un proceso educativo a corto plazo, el cual utiliza un procedimiento planeado, sistemático y organizado a través del cual el personal de una empresa u organización, por ejemplo, adquirirá los conocimientos y las habilidades técnicas necesarias para acrecentar su eficacia en el logro de las metas que se haya propuesto la organización en la cual se desempeñan.²⁹

²⁹ La capacitación. [En línea].< <http://www.definicionabc.com> . [citado 07 de noviembre de 2016]

- Para el desarrollo de este objetivo se elaboraron dos presentaciones en el formato de Microsoft Power Point con dos temas que se concentran en el desarrollo del plan de mantenimiento propuesto, los temas sugeridos y socializados al personal de **CMD SAS** son :
- El mantenimiento productivo total TPM

Figura 33.Presentacion TPM



Fuente. Autor

- El mantenimiento preventivo (Socialización del plan de mantenimiento diseñado).

Figura 34.Presentacion plan de mantenimiento.



Fuente. Autor

*Nota: las presentaciones se encuentran en el **CD** adjunto con el documento. Y el registro de capacitación se puede ver en el **Anexo 04**.*

Figura 35.Capacitacion oficina técnica.



Fuente. Autor

Figura 36.Socializacion plan de mantenimiento.



Fuente. Autor

10.CONCLUSIONES

- El desarrollo del presente proyecto permitió al estudiante de ingeniería electromecánica, potencializar sus habilidades y capacidades en la elaboración de planes que permitan gestionar activos de una empresa.
- Se logró a través del uso de herramientas, como el análisis de criticidad, la OEE (efectividad global de los equipos) clasificar y medir que tan bueno es el desempeño de los equipos del proceso productivo que a la larga es uno de los principios de la buena gestión de activos que persiguen las empresas de clase mundial. Sin embargo es de esperar por la naturaleza y tamaño de la compañía que estos indicadores tomen madurez con el paso del tiempo.
- La elaboración del plan de mantenimiento preventivo enfocado a TPM para la compañía de montajes diseño y construcción CMD SAS ,fue una labor compleja que abarco bastante investigación y análisis de la poca información recopilada , sin embargo se constituyó en una labor constructiva ya que genero experiencia en el área de mantenimiento a su autor.
- Elaborada toda la base documental, se espera poder consolidar el plan de mantenimiento propuesto, en aras del mejoramiento continuo de la compañía, del mismo modo el personal de la empresa podrá llevar un control de los equipos del área, que se traduce en mejoras para el sistema productivo.
- La auditoría, la encuesta, la entrevista y la capacitación, entre otros son herramientas fundamentales en la comunicación e intercambio de experiencias con el personal de taller y en general; básicamente son el punto de partida para determinar el estado inicial de cualquier procedimiento a realizar en la compañía.
- A través del diseño de los cronogramas de las actividades de mantenimiento propuestas, se espera que la compañía regule sus intervenciones en los equipos y de esta manera se anticipe cualquier falla o anomalía que perjudique el entorno productivo.
- El desarrollo de la filosofía TPM a través del plan de mantenimiento preventivo, va a permitir a la organización CMD SAS ser más integral entorno al fortalecimiento de la compañía, ya que el TPM permite la unificación de todos los departamentos de la empresa basándose en el mejoramiento del

ambiente de trabajo y los activos que lo componen, logrando la participación activa y entusiasta de todo el personal por ser una filosofía de inclusión.

- Finalmente se espera que el desarrollo de este proyecto impacte positivamente sobre la compañía y todos sus colaboradores, de igual manera que la empresa adopte e implemente a futuro inmediato el trabajo realizado en virtud de la mejora continúa.
- El desarrollo de este tipo de proyectos es de gran importancia para el futuro ingeniero electromecánico, ya que permite complementar la academia con la experiencia industrial, para una formación más integral.

11.RECOMENDACIONES

- ✓ Dar ejecución o implementación al plan de mantenimiento propuesto, de manera organizada como se indicó, en virtud del fortalecimiento y la mejora continua de la compañía.
- ✓ Se sugiere a CMD SAS reestructurar o crear su departamento de mantenimiento, en miras de su futura certificación en **SGC** y para este aspecto es importante como se indicó, integrar al equipo de colaboradores un ingeniero con conocimientos en mantenimiento industrial, que garantice el desarrollo de las actividades de mantenimiento.
- ✓ Es necesario continuar verificando los resultados del programa de mantenimiento preventivo y modificar los ciclos para satisfacer los requerimientos de operación. Siempre es necesario añadir o quitar algo al programa en su proceso de mejoramiento.
- ✓ Es importante integrar a todo el personal de la compañía en el desarrollo de la filosofía TPM sugerida en este proyecto; es trascendental la participación activa de todo el equipo de colaboradores de la empresa.
- ✓ Es necesaria la adquisición de equipos de medida, para el control de las variables de la maquinaria de la compañía, que permitan hacer un monitoreo de los mismos según los requerimientos del plan de mantenimiento.
- ✓ Es recomendable elaborar un plan de capacitación en los diversos temas afines al área de mantenimiento, como parte fundamental de la cultura de entrenamiento y adquisición de habilidades, que permitan al personal de la empresa, realizar adecuadamente las tareas de mantenimiento.
- ✓ Es conveniente alimentar la base de datos creada, de manera que se vuelva más robusta y se consolide como apoyo primordial a la hora de consulta por parte del departamento de mantenimiento de la compañía.
- ✓ Elaborada la codificación de los equipos, esta debe imprimirse y adherirse a los equipos de manera que cualquier actividad efectuada al equipo se coordine a través de su código. Esto permitirá al personal familiarizarse con la nueva identificación de los equipos.
- ✓ La gerencia debe incentivar al personal ,sobre el desarrollo del plan de mantenimiento y a su vez ser consciente de que las labores de mantenimiento no son tiempo perdido ni empobrecen la empresa, al contrario son una inversión que se ve reflejada en el rendimiento de los equipos y la productividad de la empresa.

12.LOGROS

- ✓ La compañía se encontraba a portas de una auditoria por parte del Concejo colombiano de seguridad (**CCS**), quienes establecen los avances en el desarrollo de las políticas de calidad, seguridad industrial y mantenimiento en compañías industriales y de prestación de servicios; la auditoria certifica a la empresa con un registro único de contratistas (**RUC**) que a la larga y por la naturaleza de la misma ,le permite realizar trabajos en empresas de la región como Argos ,Holcim, Acerías paz del rio, entre otras; por tal motivo la elaboración del presente proyecto fue fundamental, ya que como se indicó CMD SAS en materia de mantenimiento no tenía definido un plan acorde a sus necesidades; el diseño del plan de mantenimiento ayudo a subir el porcentaje de calificación de la empresa y por ende fue certificada por un año más.
- ✓ Se logró concientizar a la organización CMD SAS, sobre la importancia en la ejecución del plan de mantenimiento elaborado y su posterior implementación, por lo que la compañía prácticamente está organizando su departamento de mantenimiento y está comenzando a usar la informacion del trabajo de grado, de manera juiciosa.
- ✓ Desde el aspecto académico se evidencio el aporte del estudiante y autor del proyecto, desde su formación a través del programa de Ingenieria Electromecánica, ya que se aplicaron los conocimientos adquiridos en la etapa académica y se plasmaron en la elaboración del presente proyecto, lo que se constituye en la adquisición de habilidades sobre el tema para el autor y por supuesto y más importante en la funcionabilidad que se le dio a lo elaborado, ya que es una contribución del conocimiento , que fue aprovechado por la organización CMD SAS.
- ✓ Desde el aspecto investigativo, se centró el desarrollo del trabajo en la búsqueda de informacion referente al tema muy veraz y seria, que deja precedentes para la mejora y elaboración de este tipo de proyectos de forma más amplia, por lo que en mantenimiento industrial todavía falta mucho por aportar, sobre todo para seguir ampliando las bases de la gestion de activos en cualquier tipo de empresa.

BIBLIOGRAFIA

CÁCERES BALAGUERA Julián Darío. PICO LAVERDE, Diego Fernando. Elaboración de un plan de mantenimiento implementado técnicas de mantenimiento productivo total TPM en el proceso de fabricación de equipos de carga en industrias metalmecánicas SIGMA Ltda. Duitama 2011. Trabajo de grado (Ingeniero Electromecánico). UPTC. Facultad seccional Duitama. Escuela de Ingeniería Electromecánica.

COMPAÑIA DE MONTAJES DISEÑO Y COSTRUCION CMD.NIT:900410401-4. Planta y Oficina: Calle 54 No 11B-05 Sogamoso (Boyacá).

GARCIA PALENCIA Oliverio. Administracion del mantenimiento industrial.uptc.uitama.1992.

GARCIA PALENCIA Oliverio. Ponencia TPM Segundo congreso internacional de ingeniería en mantenimiento.ecuador.2004.

GARCIA, Santiago; organizacion y gestion integral del mantenimiento. España: Ediciones Díaz de Santos, S. A. Doña Juana I de Castilla, 22. 28027 Madrid. 2003. 1 p. ISBN: 84-7978-548-9.

HERNANDEZ, Roberto; et al. Metodología de la investigación. México: editorial mcgraw-hill / interamericana editores, s.a. de c.v, 2006. 85 p. ISBN 978-607-15-0291-9.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Compendio tesis y otros trabajos de grado. Sexta actualización. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. NTC 1486.

JIMENEZ, Luis alfonso.Manual de mantenimiento industrial.Uptc.Duitama.2017.

NAKAYIMA, Seiichi. Programa de Desarrollo de TPM. Madrid: JIPM, 1991.

PÉREZ JARAMILLO, Carlos Mario. Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información. Santafé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1989.

SALAMANCA CARDENAS, Jefferson David. Diseño del plan de mantenimiento preventivo orientado a mantenimiento productivo total TPM para la empresa I&M ingeniería Ltda. Duitama 2013. Trabajo de grado (Ingeniero Electromecánico). UPTC. Facultad seccional Duitama. Escuela de Ingeniería Electromecánica.

SANCHEZ PEDRAZA, Wilber Alexis. Diseño del plan de mantenimiento preventivo utilizando la estrategia de inspeccion basada en el riesgo RBI para la maquinaria pesada y de transporte de la alcaldia municipal de combita. Duitama 2014. Trabajo de grado (Ingeniero Electromecánico). UPTC. Facultad seccional Duitama. Escuela de Ingeniería Electromecánica

INFOGRAFIA

ANGEL Rafael. OLAYA Héctor. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa agroangel. [En línea]. < <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4620/1/6200046A581.pdf> [citado el 04 de mayo de 2016].

Ejemplos de metodologia de la investigacion. [En línea]. <http://www.ejemplode.com/13-ciencia/3838_ejemplo_de_metodologia_de_la_investigacion.html [citado el 10 de mayo de 2016]

Folgeiras Bertomeu, P. (2009). Métodos y técnicas de recogida y análisis de información cualitativa. Presentación. [En línea]. <http://www.fvet.uba.ar/postgrado/especialidad/power_taller.pdf. [Citado el 10 de mayo de 2016].

Hemaruze.angelfire.com. teoria sobre TPM. [En línea]. < <http://hemaruze.angelfire.com/tpm.pdf> [citado el 08 de mayo de 2016]

Mantenimientomundial.com.mantenimiento total productivo y estrategia de las 5S [en línea]. <<http://www.mantenimientomundial.com/sites/libro/torres/parte4.pdf> [citado el 08 de mayo de 2016].

RAMOS RUIZ José. Diagnóstico y diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipos de la Planta de Lácteos de Zamorano. [En línea]. < <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1551/1/T1591.pdf> [citado el 06 de mayo de 2016].

SANZ Berta. Implantacion de la dinamica TPM en línea de pintura de fabricacion de vehiculos. [En línea]. < <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8049> [citado el 02 de Noviembre de 2016]

SILVA FRANCO Andrés. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el Sistema de empaque de la línea quantum de la empresa papeles nacionales s.a. [en línea]. < <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/5238/1/6200046S586.pdf> [citado el 30 de Abril de 2016].

TAVARES Lourival. Administracion moderna del mantenimiento. [En línea]. < <http://es.slideshare.net/lourivaltabares/administracion-moderna-de-mantenimiento-140219184806-phpapp02.pdf> [citado el 03 de mayo de 2016].

VALDIVIESO Juan. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa extruplas s.a. [en línea]. < <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/12/UPS-CT001680.pdf> [citado el 07 de mayo de 2016].